

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural
Explotaciones Agropecuarias

Mejora de la eficiencia de una explotación de
terneros de cría mediante la mecanización del
suministro de alimento

*Improvement of the efficiency of a breeding calves
by means of the mechanization of the food supply*

MEMORIA

Autor

Carlos Ayudán Ibarz

Director

D. Hugo Malón Litago

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Diciembre de 2019



*“La mayoría de las personas gastan más tiempo y energía en rondar los
problemas que en tratar de resolverlos” - Henry Ford*



Resumen

La optimización de los procesos que configuran las tareas necesarias en una explotación de terneros de cría, en concreto las referentes a la distribución del alimento, es el fundamento sobre el que se desarrolla el presente Trabajo Fin de Grado. Estableciendo mejoras técnicas que permitan incrementar la eficiencia de la explotación al aumentar la capacidad productiva, al mismo tiempo que se aumenta el grado de confort en el trabajo mediante la mecanización de las tareas. Por tanto, el objetivo principal del presente será que la distribución de los alimentos deje de hacerse de manera manual y pueda ser realizada mediante propulsión mecánica.

En primer lugar se ha realizado un estudio de los tiempos necesarios para el desempeño de las tareas, para posteriormente definir los requisitos técnicos que deben cumplir los equipos. En segundo lugar se procederá a la modelización mediante el programa SolidWorks, estudiando además tanto técnica como económicamente las posibles ventajas y beneficios que otorgará la implementación de los equipos de abastecimiento de alimento frente a la metodología manual utilizada en la explotación.

Se adjuntan, en documento aparte, cinco Anexos donde se detalla la información de manera más precisa, permitiendo de esta manera agilizar la lectura de la Memoria.

PALABRAS CLAVE: Optimización, Eficiencia, Mecanización, Terneros de Cría.



Abstract

The aim of this Final Degree Project is the optimization of the necessary tasks in a breeding calves farm, particularly those related to the distribution of food. The efficiency and comfort of the work in the farm have to be increased establishing technical improvements by the mechanization of the tasks. Therefore, the main objective will be that the distribution of food was not manually and can be done by mechanical propulsion.

The first step is a study about the time necessary in every task has been carried out to define the technical requirements that the equipment has to fulfil. In the second place the equipment will be modelled using SolidWorks program also the possible advantages of the implementation of the machines will be analysed technically as well as economically.

Five Annexes are attached in an independent document detailing the information in a more precise way, thus speeding up the reading of the Report.

KEY WORDS: Optimization, Efficiency, Mechanization, Breeding calves.



Índice

Índice	4
1. Introducción.	6
2. Objetivos.....	7
3. Estudio de la situación actual en la explotación.	8
4. Análisis de tareas y tiempos necesarios.	11
4.1 Lactancia.	11
4.2 Suministro de pienso.	12
4.3 Suministro de paja.	14
5. Definición de requisitos técnicos para la mecanización.	15
5.1 Lactancia.	15
5.1.1 Optimización del proceso.	15
5.1.2 Requerimientos necesarios.....	16
5.1.3 Implementaciones necesarias.....	16
5.2 Distribución de pienso.....	17
5.2.1 Optimización del proceso.	17
5.2.2 Requerimientos necesarios.....	18
5.2.3 Implementaciones necesarias.....	18
5.3 Distribución de paja.....	19
5.3.1 Optimización del proceso.	19
5.3.2 Requerimientos necesarios.....	20
5.3.3 Implementaciones necesarias.....	20
6. Planteamiento remodelaciones necesarias.	21
6.1 Mecanización proceso lactancia.	21
• Distribución de la leche.	22
• Movimiento del conjunto.	24
• Funcionalidad de la máquina.....	30



6.2	Máquina distribidora de pienso.....	38
6.3	Máquina distribidora de paja.....	43
7.	Estudio técnico-económico.....	46
7.1	Mecanización de la lactancia	47
7.2	Mecanización del suministro de pienso	48
7.3	Mecanización del suministro de paja	49
8.	Conclusiones.....	50
9.	Bibliografía	53

1. Introducción.

El Trabajo Fin de Grado se plantea para una explotación de terneros de cría. Fundamentado en la optimización de los tiempos productivos para el trabajo de la misma y en la posibilidad de aumentar el número de unidades de trabajo-hombre (uth). Para tal fin, se buscarán una serie de mejoras técnicas que permitan incrementar la eficiencia de la explotación aumentando la capacidad productiva, al mismo tiempo que se aumenta el grado de confort en el trabajo eliminando los trabajos tediosos.

Los ítems expuestos se plantean con motivo del tipo y la magnitud de la explotación, siendo esta una explotación familiar manejada por dos ganaderos, donde se demanda un relevo generacional a un único ganadero que debería abarcar la totalidad de la carga de trabajo. Por ello se hace necesario actualizar los sistemas de trabajo, permitiendo optimizar las labores propias de la explotación.

La granja está ubicada en la comunidad autónoma de Aragón, provincia del Bajo Cinca, en la localidad de Belver de Cinca. La posición geográfica de las granjas las sitúa a 186 metros de altitud, con una temperatura media anual de 15°C, orientada hacia el sol naciente y al abrigo del viento más incidente, para asegurar un mayor bienestar animal. Posee una capacidad para 240 terneros, criados de forma intensiva. Con una mano de obra familiar, la labor en esta instalación ganadera se realiza durante dos veces al día, siguiendo la cronología que se representa en la Figura1.1

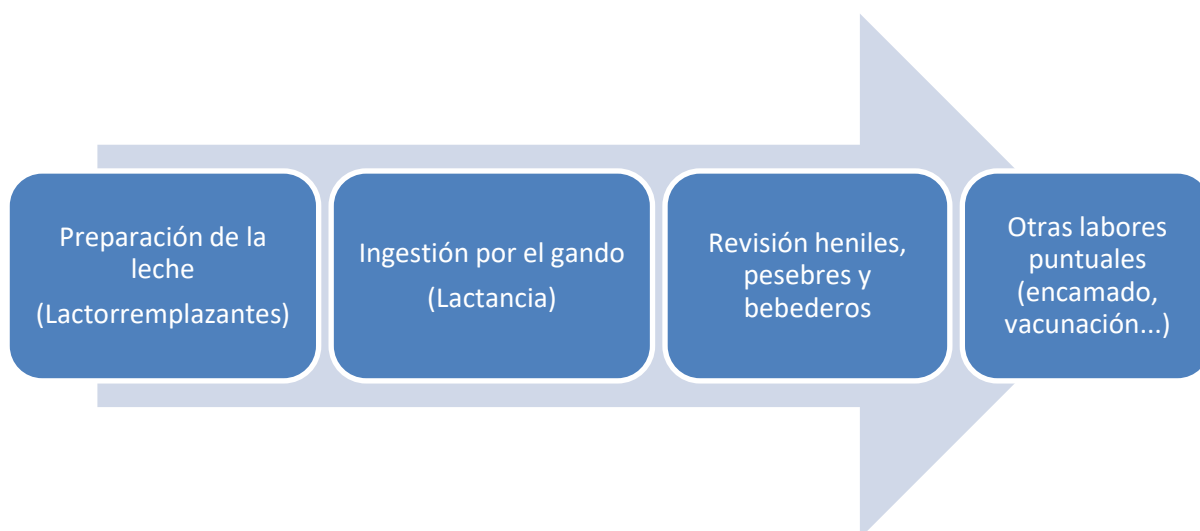


Figura 1.1: Cronograma de las tareas necesarias.



2. Objetivos.

El objetivo principal del trabajo es estudiar la posibilidad de implementar mejoras que permitan realizar las tareas propias de la explotación con un único trabajador, garantizando un confort y bienestar tanto para el animal como para el trabajador, sin repercutir en la productividad de la explotación. Del mismo modo, se pretende aumentar las unidades de trabajo (uth)¹ en la medida que los objetos de mejora lo permitan.

Con el fin de alcanzar el objetivo principal del proyecto han sido definidos una serie de objetivos específicos, como son:

- ✚ Implementación de un sistema mecanizado para el suministro de lacto-reemplazantes a los terneros.
- ✚ Implementación de un sistema mecanizado para el aprovisionamiento de alimento sólido a los terneros.

Con ello, el objetivo fundamental, pretende que la distribución de los alimentos deje de hacerse de manera manual y pueda ser realizado mediante un proceso mecanizado, aumentando la eficiencia para la realización de las tareas en la explotación y el confort para el trabajador.

¹ Unidad de trabajo-hombre (UTH), en el ámbito de una explotación agraria, la cantidad de trabajo que un trabajador activo agrícola desarrolla durante 1920 horas del año.

3. Estudio de la situación actual en la explotación.

La explotación de planta rectangular, agrupa las cabezas de ganado en celdas cerradas colectivas, denominadas cuadras de aquí en adelante. Existen un total de 16 cuadras repartidas de forma longitudinal y en dos hileras simétricas de 8 cuadras. Entre las dos hileras atraviesa un pasillo central donde se encuentran los heniles, pesebres, bebederos y por donde se suministra la leche. Las cuadras tienen capacidad para albergar un total de 15 terneros, lo que supone una cantidad total de 240 terneros de cría.



Imagen 3.1: Imagen de la explotación tomada desde el pasillo central.

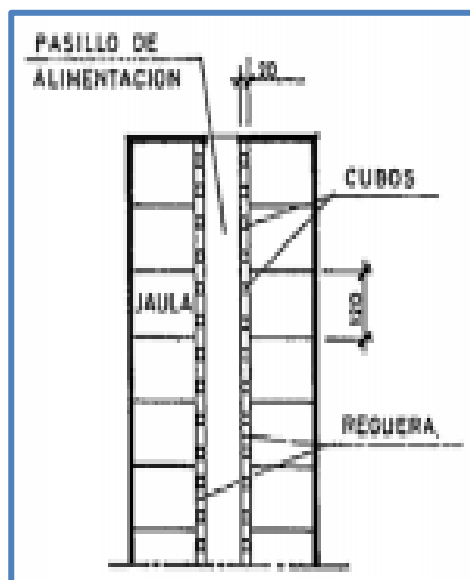


Imagen 3.2: Croquis de la distribución de la explotación, sin cotas actualizadas
(Martín Ramos, 2017-2018)

En esta instalación el ternero no se moverá de la cuadra mientras dure la lactancia, por tanto la toma de leche se realiza en la propia cuadra, así como la ingesta de sólidos y agua.

El tetadero es el elemento móvil, soportado por un raíl superior, que se desplaza por cada cuadra para que los animales se acerquen y beban la leche. Este utillaje está formado por los cubos y las tetinas, que se rellenan de un depósito donde se elabora la mezcla de los polvos de leche con el agua. Esto se hace posible mediante las canalizaciones existentes y una bomba alimentada eléctricamente que permite el movimiento de fluido.

Para la administración de los lactorreemplazantes, se utilizan tetinas, con las cuales se consigue que el ternero beba a sorbos y provoque una mayor salivación, en una posición natural que disminuye el fallo en el reflejo de la gotera esofágica, siendo la leche mejor conducida al abomaso.



Imagen 3.3: Tetadero y ternero bebiendo de la tetina.

Las cornadizas son los elementos utilizados para poder retener la cabeza del ternero e impedir que se escape. Mediante este utillaje podremos aplicar cualquier tratamiento en la que sea necesaria la inmovilización del animal, también facilitaremos las primeras tomas de leche ya que el ternero no toma la tetina con facilidad y tiende a retroceder, hecho imposible cuando la cornadiza está activa.

Los comederos y bebederos son independientes para cada cuadra, quedando en el exterior de la misma accesible para los terneros a través de la cornadiza. El agua se suministra por medio de unos bebederos anexos al comedero.

Una vez que termine la lactancia, periodo de cría, los terneros pasan a agruparse en lotes de mayor capacidad y comienza su periodo de recría en un parque anexo a la edificación donde se realiza la lactancia. De esta forma, el ganadero puede comenzar con el vacío sanitario y recibir terneros nuevos para empezar la lactancia con estos, mientras que los terneros de recría alcanzan su peso óptimo para abandonar la explotación hacia un cebadero en el parque anexo.

En el parque de recría, el pienso y la paja se encuentran "ad libitum". Mediante un tornillo sin fin se distribuye el pienso desde el silo hasta los pesebres. Para el caso

de la paja, el ganadero deposita una paca de paja en los heniles, cortando las respectivas cuerdas, para que los terneros la consuman.



Imagen 3.4: Vista de una cuadra donde se aprecian pesebre, henil, bebedero y cornadizas

Para garantizar un buen confort del animal durante su estancia en la explotación, el ganadero debe mantener la cama en buen estado y renovarla semanalmente hasta la mitad de la estancia y dos veces por semana desde la mitad de la estancia hasta el final de la misma, posibilitando al animal que se tumbe y descansa, aspecto fundamental en la producción animal. Para ello se cuenta con una máquina encamadora, la cual descompacta la paca de paja y la expulsa hasta una distancia de 9 metros si es necesario. Del mismo modo, será necesario cada tres renovaciones de cama, quitarla con la pala del tractor y depositar una capa nueva de cama. Estos periodos son orientativos, puesto que si la humedad en el ambiente es elevada estos tiempos se reducen consecuentemente. Del mismo modo, en la época de invierno hay que cuidar la limpieza, posibilitando la formación de una capa de estiércol inferior y manteniendo la cama limpia, esto realiza la función de aislante y resguarda del frío al animal, equivalentemente, en épocas cálidas del verano se busca lo contrario.

Para más información consultar el Anexo I, referente a la prospección de la explotación.



4. Análisis de tareas y tiempos necesarios.

A continuación se expondrá un análisis de las acciones requeridas para realizar las tareas que se desarrollan en la explotación, así como de los tiempos necesarios para desempeñar dichas tareas. Mediante este análisis se podrá realizar el estudio técnico-económico posterior. Debido al conocimiento de los tiempos necesarios para desempeñar el trabajo que engloba cada proceso, se podrá realizar una optimización de los mismos mediante la implementación de los medios mecánicos.

El análisis de las tareas y tiempos necesarios se realizará para el abastecimiento de alimentos a los terneros que se crían en la explotación, así como la carga de trabajo que supone para el ganadero el desempeño de la primera función, medida en unidades de trabajo hombre. Existen otras muchas tareas de diversa índole necesarias para el correcto funcionamiento de la explotación, sin embargo, para los objetivos pertinentes del trabajo fin de grado que se desarrolla no se consideraran.

Las mencionadas tareas pueden desglosarse concretamente en tres procesos que servirán para satisfacer los requerimientos nutricionales del ganado:

- ✚ Proceso de lactancia.
- ✚ Proceso de distribución del pienso.
- ✚ Proceso de distribución de la paja.

En el caso de considerarse necesario un análisis más exhaustivo tras la revisión de los siguientes apartados, en el Anexo II se explica de forma más extensa y detallada estos procesos así como el tiempo necesario para su realización.

4.1 Lactancia.

La lactancia es uno de los procesos fundamentales en la etapa de cría de los terneros, por ello parámetros como la temperatura de la leche, la correcta dilución de los lactorreemplazantes y el control de los animales para que todos ingieran una adecuada cantidad de líquido, marcarán el futuro de la explotación.

De manera general los ítems que podemos definir como los más importantes para realizar este proceso son:



1. Preparación de la leche y resto de utillajes necesarios.
2. Distribución de la leche por las cuadras.
3. Ingestión por los terneros.
4. Limpieza posterior tras el proceso de los utillajes necesarios y demás elementos intervinientes en el proceso.

En el punto 2.1 del Anexo II, se detalla con mayor precisión los ítems y tiempos individualizados para cada uno.

Tras realizar la medición de tiempos necesarios, se obtiene que el proceso de lactancia demanda un tiempo total de **60 minutos** para su correcta realización. Independientemente al tiempo necesario, también se pone en constancia la necesidad de un segundo operario que participe en el proceso para realizar el desplazamiento y control del proceso por las cuadras. Es decir, trabajos como el desplazamiento a la siguiente cuadra del depósito y el tetadero simultáneamente, la supervisión desde el pasillo del llenado de las tetinas acompañado por la supervisión de la ubicación de los terneros en sus respectivas cornadizas al mismo tiempo, son trabajos que demandan de dos operarios.

Respecto a la carga de trabajo, la unidad de trabajo queda definida por el tiempo que demanda la tarea y sus procesos. Por tanto, siguiendo el criterio de la definición de UTH, para 1920 horas de un trabajador activo como es el caso de los operarios, la lactancia supondrá un total de 32 UTH que individualizado por operario es de 16 UTH.

A consecuencia de los motivos planteados, se buscará la optimización con base a reducir los tiempos en la medida que sea posible, sustituir la propulsión manual de los operarios por medios que posibiliten la propulsión mecánica y la posibilidad de reducir la mano de obra a un operario mediante control remoto de los elementos.

4.2 Suministro de pienso.

El pienso es el elemento nutritivo que permitirá al ternero estimular la rumia y conseguir un correcto desarrollo del rumen. La ración vendrá determinada por el veterinario y habitualmente suele ser pienso ad libitum para favorecer su comportamiento alimentario.

Para satisfacer esta necesidad, el ganadero realiza la tarea mediante un carretón empujado manualmente. Por tanto, deberá llenar el carretón de la tolva instalada en la pared exterior de la explotación y distribuir mediante un cubo manualmente por los pesebres de las cuadras el pienso. Repitiendo el proceso las veces que sean necesarias hasta llenar todos los pesebres.



Imagen 4.1: Carretón para distribución de pienso y silo.

Para realizar el estudio de tiempos de este trabajo, se hace necesario estimar un promedio debido a la variabilidad de distancias al silo de un comedero frente a otros más distantes, así como la cantidad de pienso existente en un comedero de una cuadra frente a otros. Por ello, se han realizado diferentes mediciones de tiempo en días distintos obteniendo que el proceso de suministro de pienso demanda un tiempo total de **30 minutos**. En el punto 2.2 del Anexo II se detallan las acciones para este proceso.

Constatado el tiempo necesario para la realización de esta tarea, se debe considerar también el esfuerzo físico que supone transportar el carretón cargado con 70 kg aproximadamente de pienso. Por tanto, podemos concluir a expensas de un posible análisis de tiempos no favorable, la necesidad de mecanización del trabajo con base a una mejora del bienestar para el trabajador.

En este proceso no sería correcto estudiar la carga de trabajo, cuantificada en UTH, debido a que no se trata de un proceso que se realice a diario como la lactancia, ni que requiera el mismo tiempo cada vez que es necesario realizarlo. Estas razones se deben tanto a la cantidad de ganado presente en la explotación como a sus características fisiológicas y zootécnicas.

4.3 Suministro de paja.

La paja es un alimento fibroso que estimula la liberación de saliva debido a su necesidad de masticación, a consecuencia, tendrá un efecto tamponante del ácido láctico, que acidifica el rumen por descenso del pH. Por tanto, la paja se incorpora para permitir el mantenimiento de la función ruminal, estimulando el desarrollo del propio rumen.

En la explotación a estudio, la paja se dispone para el ternero en los heniles anexos al pesebre de manera que cada cuadra tiene paja a libre disposición. Para ello, el ganadero deposita la paca de paja con el tractor en medio del pasillo de la explotación y la distribuye manualmente a cada henil hasta rellenarlos.

Tras la toma de mediciones en diferentes periodos, se estima que el proceso de suministro de paja conlleva una duración de **15 minutos**, siempre que no sea la primera vez que se distribuye paja tras el vacío sanitario, donde los heniles se encuentran completamente vacíos. Detallado en el Anexo II, punto 2.3.

Este trabajo no es considerado un trabajo tan tedioso como el de suministro de pienso, puesto que el uso del tractor supone un cierto grado de mecanización. No obstante, la distribución manual se considera susceptible de optimización, mediante la no necesidad de bajar del tractor para realizar el suministro. Al igual que en el apartado anterior y por idénticos motivos, no se va a estudiar para este proceso la carga de trabajo (UTH).



Imagen 4.2: Henil y pesebre en una cuadra de la explotación.



5. Definición de requisitos técnicos para la mecanización.

Conocidas las tareas y los tiempos demandados para la realización de las mismas, se plantearán a continuación las bases de la optimización y los requisitos necesarios para conseguirla en cada proceso.

Para ello se hace necesario reiterar el objetivo del trabajo, el cual consiste en la posibilidad de conseguir optimizar los procesos, para así permitir realizar las tareas necesarias con un único trabajador, garantizar confort eliminando tareas tediosas y todo ello sin repercutir en la productividad de la explotación. Por todo esto será objeto del trabajo reemplazar los métodos manuales para realizar la distribución de los alimentos por métodos mecánicos con la finalidad anteriormente citada.

5.1 Lactancia.

5.1.1 Optimización del proceso.

Será necesario buscar una solución técnica mediante la mecanización del equipo de abastecimiento de leche. Con esto se conseguirá que un único operario pueda desplazarse por las cuadras ocupándose de los animales, procurando que todos ingieran la dosis correcta de leche y ocupen su cornadiza correspondiente, mientras que el equipo se mueva de manera autónoma sin la necesidad de dos operarios para su desplazamiento, uno para desplazar el depósito y otro ocupado del desplazamiento del tetadero.

Se ha considerado continuar con la configuración existente de depósito y tetadero independientes, sin implementar ninguna remodelación que varié el sistema actual. Se podrían considerar otras formas de abastecimiento, como podría ser incorporar el depósito en el tetadero, distribuir la leche hasta las cuadras desde el lugar de preparación mediante canalización, etc... No obstante, se ha optado por la opción mencionada debido a los siguientes criterios:

- ✚ No se considera albergar el depósito en la misma trayectoria que el tetadero, guiado sobre su propio raíl, debido a:
 - 1- Dimensiones y peso del depósito, que obligarían a modificar la estructura portante existente para el tetadero.



- 2- Debido a la situación espacial de heniles, bebederos y pesebres debajo del tetadero. El depósito no podría ir delante, detrás o incorporado en el tetadero ya que su trayectoria quedaría inhabilitada.
 - 3- Necesidad del movimiento de balanceo del tetadero hacia el interior del pasillo, para que las cabezas de los terneros no impidan el desplazamiento al colisionar con el tetadero, una vez que hayan terminado la ingestión de la leche.
- ✚ No se considera distribuir la leche mediante una canalización, como por ejemplo una manguera, por los siguientes motivos:
- 1- Debido a la longitud necesaria de la manguera, que condicionaría una potencia de bombeo elevada.
 - 2- Los requerimientos a nivel de mantenimiento de este sistema.
 - 3- La excesiva cantidad de agua necesaria para la limpieza de la manguera tras la ingesta de la leche.

5.1.2 Requerimientos necesarios.

Conocida la configuración deseada, manteniendo la actual de tetadero y carro independientes, se exponen las acciones necesarias para que el equipo pueda desempeñar correctamente su función:

1. Batido de la leche para favorecer una correcta dilución de los lactorreemplazantes con el agua.
2. Temperatura de la leche superior a 35 °C en el momento de la ingestión.
3. Movimiento rectilíneo a lo largo del pasillo.
4. Correcto emplazamiento en las cornadizas para el acceso a la tetina por el ternero.
5. Balanceo del tetadero hacia interior y exterior del pasillo central para posibilitar su desplazamiento.
6. Activación telemática (a distancia) de los elementos que constituyen el conjunto.

5.1.3 Implementaciones necesarias.

Para conseguir los ítems mencionados se van a proponer una serie de implementaciones en el sistema actual. Para obtener estas implementaciones, en primer lugar, se utilizara la metodología problema-solución, para a posteriori



determinar su solvencia técnica referente al propósito, diseño y ejecución. Es decir, podríamos considerar este apartado como el fruto de una lluvia de ideas por ambas partes, tanto del ganadero como del autor del trabajo, entre las cuales se ha considerado optar por una opción como la más favorable para su posterior estudio y desarrollo entre todas las posibilidades existentes. Posteriormente mediante el estudio técnico-económico se pondrá de manifiesto si las implementaciones propuestas alcanzan un nivel de optimización y solvencia tanto técnica como económica, suficientes para desarrollarlos y aplicarlos en la explotación.

Por consiguiente, las implementaciones principales para realizar las acciones propuestas serán:

- ✚ Instalación de hélices o agitador en el fondo del depósito para el mezclado, así como de aislante si fuese necesario para evitar pérdidas de calor.
- ✚ Mecanismo para guiar las ruedas y no variar la trayectoria rectilínea en el pasillo.
- ✚ Motor eléctrico que propulse el carro. Configurando las ruedas delanteras como ruedas motrices y las traseras ruedas giratorias para facilitar el giro cuando sea necesario.
- ✚ Barras transversales al eje del pasillo, para empujar el tetadero acorde al desplazamiento del carro.
- ✚ Mecanismo para el movimiento de balanceo de la barra. Posibilitado mediante una polea con una sirga en conexión con la barra del tetadero.
- ✚ Control telemático del carro para el control sobre las acciones.

5.2 Distribución de pienso.

5.2.1 Optimización del proceso.

Para este proceso, como principal objetivo, se pretende eliminar el esfuerzo físico que supone la tarea en la actualidad. Se pretenderá mediante diseño previo, utilizar maquinaria ya existente en la explotación y remodelarla con la finalidad de distribuir el pienso por los heniles. Con ello se lograría sustituir el esfuerzo físico que supone para el operario, por medios mecánicos accionados por la potencia del tractor. Por maquinaria ya existente, no se considerara mejorar el carretón. Los motivos por los cuales no se ha considerado oportuno buscar una optimización del carretón o instalar otro sistema, como un sistema de canalización mediante tornillo sin fin, son:



- ✚ No se considera automatizar el carretón debido a su escasa capacidad de transporte. Por esta razón se necesitan numerosos viajes hasta el silo para rellenarlo y volver hasta los pesebres, suponiendo un considerable esfuerzo y tiempo para el proceso.
- ✚ No se considera instalar un sistema de tornillo sin fin desde el silo de pienso, debido a que los pesebres están en el pasillo central por donde se renueva la cama con la encamadora, por tanto dificultaría en exceso este proceso. Del mismo modo, el proceso de distribución de la leche quedaría dificultado.

5.2.2 Requerimientos necesarios.

Para que el proceso sea optimizado con éxito, las acciones que se pretenden conseguir por el equipo serán:

1. Albergar el pienso suficiente para no tener que volver al silo antes de repartirlo en todos los comederos.
2. Sustituir el sistema de distribución manual del pienso en los comederos.
3. No depender del esfuerzo humano para transportar el pienso del silo hasta los comederos.

5.2.3 Implementaciones necesarias.

Para la consecución de estos objetivos se considerará la posibilidad de transformar una abonadora en desuso. La máquina es una abonadora de disco, con tolva cónica de planta octogonal, cuya capacidad aproximada se sitúa en 1400 litros de capacidad. Por transformación, se debe estudiar cómo implementar el sistema de distribución de pienso en los pesebres y el enganche al tractor, bien sea en la parte delantera a través de la pala cargadora o en el enganche tripuntal de la parte trasera.

Estos ítems se pretenden solucionar mediante la implementación de:

- ✚ Estructura que permita el enganche al tractor por medio de la palera, el cual permitirá tener un mejor control de la altura del utillaje, respecto a las tareas de distribución en el pesebre y llenado en el silo.
- ✚ Tornillo sin fin para distribución del pienso, desde la parte baja del depósito de la abonadora y accionado por un motor que se conecte a la potencia hidráulica del tractor.



5.3 Distribución de paja.

5.3.1 Optimización del proceso.

La distribución de la paja puede ser considerada como el proceso que menor grado de automatización o mecanización requiere. Este hecho queda constatado en el tiempo que demanda el proceso, ya que es el menor entre los tres procesos que se estudian en el trabajo. Así mismo, mediante la acción del tractor para transportar la paca de paja ya se implementa un cierto grado de mecanización en el trabajo. Por tanto, será necesario considerar la eliminación del trabajo que consiste en distribuir manualmente la paja por los heniles una vez que la paca ha sido distribuida en el pasillo central.

Al igual que en el subapartado anterior para la distribución del pienso, se ha intentado basarse en algún elemento presente en la instalación para utilizarlo en el proceso. A priori, puede considerarse oportuno plantear una remodelación de la encamadora existente para que esta sea capaz de poder distribuir la paja por los heniles, no obstante, se ha desestimado este ítem debido a los siguientes motivos:

- ✚ La elevada potencia del ventilador que impulsa la paja tras su picado. Este ventilador está diseñado con la finalidad de impulsar la paja a distancias suficientes como para poder encamar las cuadras, por esta razón, utilizar el mismo ventilador para impulsar la paja a una distancia tan próxima (hasta el henil) no posibilitaría distribuir la paja de manera uniforme ni adecuada.
- ✚ La paja que quedaría a disposición de los animales en los heniles se vería modificada tras el picado por la encamadora, disminuyendo su longitud y tamaño de partícula y por consecuente alterando sus efectos en el animal.
- ✚ No se contempla la posibilidad de implementar modificaciones en el chasis de la tobera de impulsión del ventilador, con la finalidad de poder disminuir la velocidad de salida de la paja y poder distribuirla uniformemente, por la posibilidad existente de alterar las cualidades del utillaje que impidan un correcto desempeño de su función.

Con motivo de las razones planteadas y la no disponibilidad de ningún otro elemento capaz de realizar el proceso sin necesidad de realizar modificaciones a gran escala, se considera la opción de buscar en el mercado maquinaria pertinente que permita realizar este proceso.



5.3.2 Requerimientos necesarios.

La maquinaria necesaria deberá realizar las siguientes acciones para conseguir optimizar este proceso:

1. Transportar la paca desde la fajina² de pacas hasta el pasillo central de la explotación y distribuirla en los heniles.
2. Tener control sobre la distribución de la paja para poder actuar sobre la cantidad y el lugar concreto de distribución

5.3.3 Implementaciones necesarias.

Debido a la decisión de buscar maquinaria existente en el mercado, en este subapartado no se plantean implementaciones necesarias puesto que vendrán impuestas por el fabricante.

² Conjunto de haces de mies que se pone en las eras. (Real Academia Española)



6. Planteamiento remodelaciones necesarias.

En función de las bases de la optimización en cada proceso, la cual se ha definido en el punto 5 de la memoria, se va a materializar en este nuevo punto la manera de conseguirla. Para ello se hace necesario plantear, desde un punto de vista técnico, una serie de implementaciones cuya consecución derivaran en nuevos equipos.

No es el diseño de maquinaria la base fundamental de las competencias y aptitudes que se pretenden demostrar en este TFG, sino el conocimiento del entorno de la explotación ganadera, las funciones y tareas que en ella se desempeñan y por supuesto, las posibles mejoras de la misma desde un punto de vista de ámbito ingenieril, es decir, técnico y económico. Sin embargo, lo que aquí se expone es un trabajo desarrollado para un caso real y que se pretende materializar, de este modo, se considera requisito obligado para el mismo plantear una serie de pautas o guías que permitan aumentar la eficiencia y lograr la mecanización que lleva por título el trabajo.

A continuación, se plantearan las remodelaciones o implementaciones necesarias en los apartados siguientes, definidas individualmente cada una de ellas para cada proceso. Para conocer los cálculos con mayor exactitud, en el Anexo III del trabajo se aborda el diseño con más profundidad, en la memoria únicamente se pretende elaborar un resumen y definir las bases de los elementos.

6.1 Mecanización proceso lactancia.

Según se ha ido comentando en el presente trabajo, esta es la tarea más característica de la explotación. Del mismo modo, la que más tiempo conlleva así como mayor mano de obra requiere. Con los objetivos marcados, la solución técnica mediante la mecanización del equipo de abastecimiento de leche permitirá a un único operario poder desplazarse por las cuadras ocupándose de los animales, mientras que el equipo se mueva de manera autónoma sin la necesidad de dos operarios para su desplazamiento, uno para desplazar el depósito y otro ocupado del desplazamiento del tetadero.

Los hitos para conseguir la mejora de la eficiencia tendrán su base en el sistema actual, manteniendo la disposición de tetadero y carro como estructuras

independientes que se unirán para compaginar su movimiento por las diferentes cuadras. Sin embargo, se perseguirá como objetivo de mejora que tanto las cuadras del lado derecho como del izquierdo se abastezcan a la vez, es decir, que no se tenga la necesidad de volver a repetir el proceso para la otra ala de cuadras de la granja una vez que se haya dado la leche en la opuesta. De esta forma será posible reducir el tiempo del proceso de manera notable.

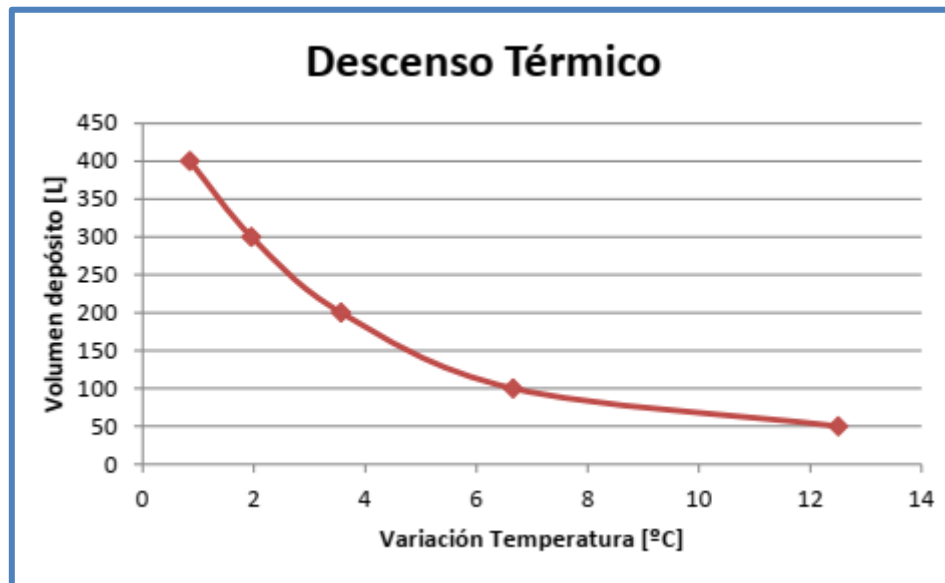
Estos ítems se podrán desglosar principalmente en tres subapartados, que tratados de manera individual, supondrán la mecanización del conjunto del proceso. A continuación se exponen las acciones singulares correspondientes a cada uno, desarrolladas para que el equipo pueda desempeñar correctamente su función.

Distribución de la leche.

En primer lugar se aborda la preparación y distribución del lactorreemplazante (leche), continuando con la configuración presente, se plantean las siguientes acciones.

Sustitución del depósito actual de 200 L, por uno de mayor capacidad que posibilite abastecer todas las cuadras sin tener que volver a preparar la dilución. Este depósito será de acero inoxidable AISI 310 por razones higiénicas. El principal inconveniente de ampliar la capacidad del depósito es que la leche deberá mantenerse en el tanque durante un mayor periodo de tiempo, pudiendo perder temperatura en los días donde la temperatura ambiente sea más fría. Para estudiar este problema se han determinado las transferencias de calor con base en la conducción, convección con el ambiente y radiación, siendo estas dos últimas menores que la conducción pero computables igualmente. La temperatura de acumulación del líquido es de 50°C, temperatura a la que se eleva el agua por la acción de los calentadores, la temperatura mínima exterior es de 2°C según estudios climáticos mediante una estación meteorológica de la zona y la temperatura mínima a la que el ternero puede ingerir la leche es de 35°C.

Para la obtención de resultados como el volumen de control no es estacionario, ya que el volumen desciende conforme avanza el tiempo del proceso, se fijan intervalos de volumen en el depósito asociados al tiempo aproximado que se mantiene ese volumen. Estos intervalos se fijan cada 15 min y variaciones de volumen progresivas de 100 L, realizando el sumatorio de cada variación de temperatura obtenida será posible obtener la variación total de temperatura sufrida en el depósito, que viene representada en la gráfica adjunta.



Gráfica 6.1: Variación de la temperatura en el depósito.

Por tanto, como la variación de temperatura en el proceso es menor de 15 °C, se puede confirmar que el depósito no necesitara aislamiento. También se podría pensar que las primeras cuadras tendrán acceso a una leche con una temperatura excesivamente alta, sin embargo, se debe tener en cuenta que el tetadero inicialmente estará frío, por lo tanto, a la tetina llegará la leche atemperada durante estas primeras cuadras y el ternero no correrá riesgo por un temperatura excesivamente alta de la leche.

Para la agitación del fluido, el cual espesa y dificulta su distribución por las canalizaciones así como su aspiración por la bomba, se va a instalar un agitador automático. El agitador se pretende que este constantemente funcionando mientras dure el proceso, de esta manera se evitara que el operario deba aproximarse al depósito y tener que remover el líquido asiduamente y por supuesto evitar la acción de batir la dilución cuando se prepara el lactorremplazante. Dedicando este tiempo a la preparación de la máquina.

El lactorremplazante fluye hasta las tetinas desde el depósito mediante una bomba hidráulica, alimentada eléctricamente, que bombea el fluido desde el depósito. Este sistema está diseñado y en perfecto funcionamiento en el sistema actual. La bomba se alimenta eléctricamente durante un tiempo de 10 segundos en la que el líquido se distribuye mediante las mangueras y los grifos a las tetinas. No obstante, en la nueva configuración se trabajará con los dos tetaderos a la vez, y por consecuente con ambas cuadras enfrentadas entre sí. Por esta razón el llenado de las tetinas de ambas cuadras no puede ser simultáneo cuando se active la bomba por primera

vez. Si hay un solo operario, los terneros de la cuadra opuesta no estarían correctamente colocados mientras la leche comienza a caer en las tetinas. Para solventar este problema, se instalará a la salida de la bomba una válvula de tres vías, que permita dirigir el flujo hacia una tetadero concreto. Cuando el operario termine de colocar los animales en una cuadra y se desplace hasta la otra, modificará la dirección del flujo, a través de la válvula y volverá a activar la bomba.

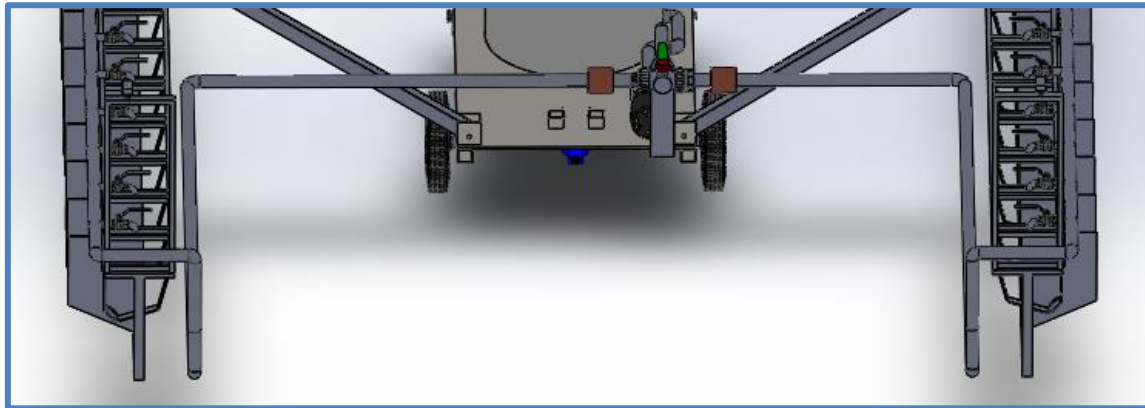


Figura 6.2: Modelado hidráulico de la distribución de leche.

La configuración modelada del conjunto se observa en la Figura 6.3, donde se ve el depósito con el agitador, la válvula de tres vías y la bomba.

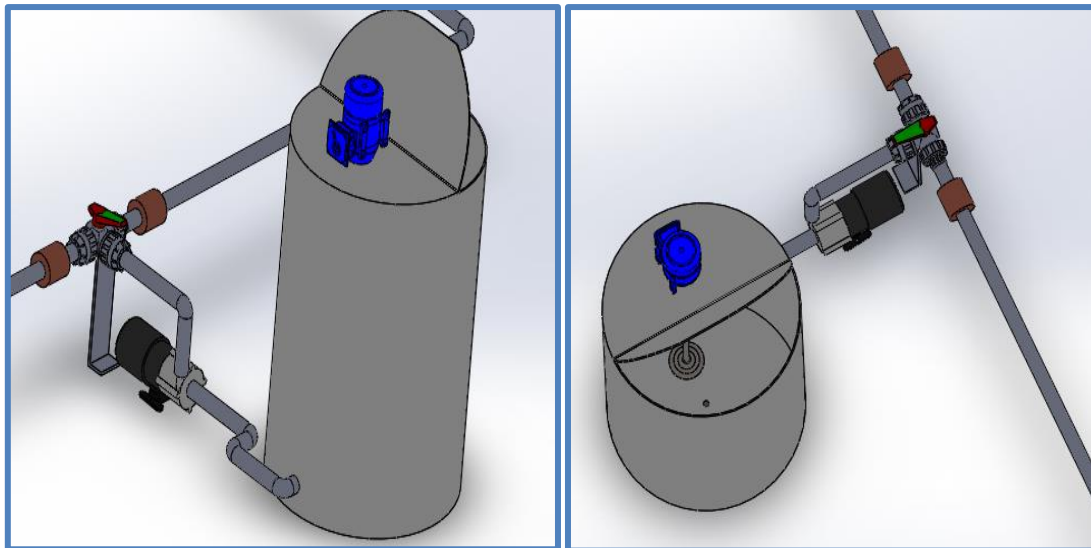


Figura 6.3: Elementos intervinientes en la distribución de la leche.

Movimiento del conjunto.

El movimiento del chasis se pretende realizar de manera similar al existente pero accionado con movimiento autónomo. Con dos ruedas motrices fijas en la

parte delantera y dos ruedas giratorias traseras para posibilitar el giro manual, una vez terminada su función cuando se desee guardar el chasis.

Será primordial para el funcionamiento evitar el viraje del chasis en su desplazamiento rectilíneo por el eje longitudinal del pasillo de la explotación, cuya consecuencia sería la inhabilitación para el proceso por colisión con las cuerdas o mal posicionamiento en las mismas. Para evitar la situación citada, en primer lugar se plantea la posibilidad de ubicar a lo largo del pasillo longitudinalmente un raíl. No obstante, esta opción se desestima debido a los inconvenientes que presenta albergar un obstáculo en el pasillo. Por esta razón, se estudia la posibilidad de impedirlo restringiendo el grado de libertad de las ruedas giratorias por las que tienen esa denominación. Hablamos entonces de impedir el giro de estas ruedas en el eje vertical, que impida el viraje por modificación de la trayectoria.

Para tal cometido y debido a la distancia existente entre ambas ruedas en el chasis, se pretende impedir el giro mediante la acción de una barra, la cual pueda ponerse y quitarse de manera sencilla, y que permita rigidizar la unión entre las ruedas e impedir el grado de libertad. Esta configuración se conseguirá soldando una pletina con un agujero pasante a cada rueda giratoria, lo más próximo posible a su eje de giro, de tal manera que cuando una rueda gire ante cualquier impedimento a su desplazamiento recto, la barra restrinja ese giro mediante el esfuerzo axial generado.

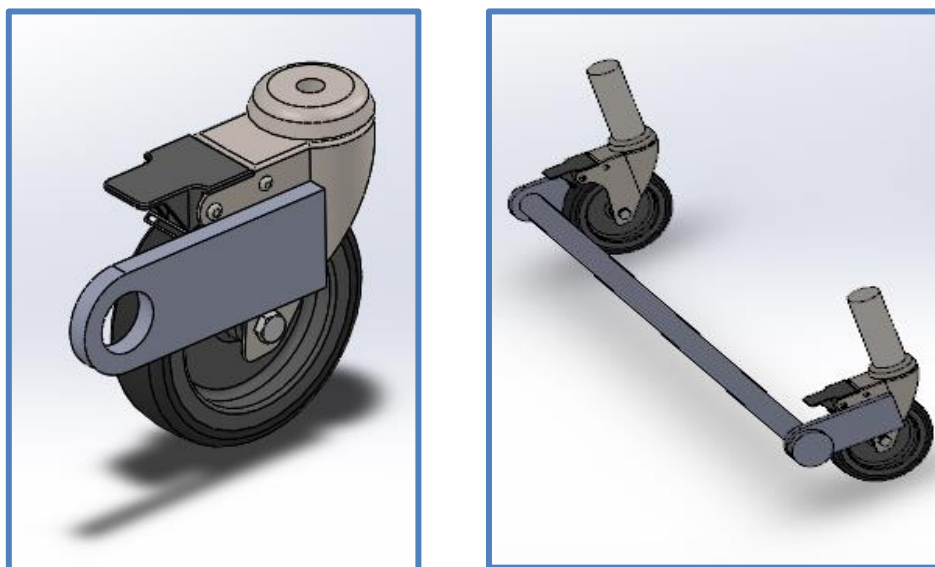


Figura 6.4: Ruedas giratorias impedidas mediante la barra

Para que esta configuración sea exitosa se requiere de un posicionamiento correcto en el pasillo antes del comienzo del proceso para que el desplazamiento por este



sea el deseado. Para facilitar la labor al operario, en el comienzo del pasillo, se dispondrán dos emplazamientos similares al primer raíl mencionado, uno para una rueda delantera y otro para una rueda giratoria trasera que obliguen a colocar el chasis en la posición deseada.

Para que el chasis realice el movimiento de manera autónoma será necesario un motor. El desplazamiento será a baja velocidad y sin pendiente, por lo que podremos despreciar la fuerza debida a la resistencia por el aire y por la pendiente. También se considera despreciable, frente al conjunto, la fuerza que se debe ejercer para empujar el tetadero, esto se debe a que el rozamiento y el peso del mismo son de pequeña magnitud. Por tanto los requerimientos de potencia para realizar esta translación quedaran cubiertos con el sobredimensionamiento de diseño en los cálculos. De este modo, las fuerzas a superar por el par motor serán las fuerzas de rozamiento y de inercia.

El conjunto transmisor de la fuerza constara del motor, de un reductor de velocidad del tipo corona a tornillo sin fin que permita transmitir el movimiento en dirección perpendicular al eje de giro del motor, y de las ruedas para permitir el desplazamiento del chasis conectadas al reductor mediante un eje que posteriormente se comprobara, atendiendo a su momento torsor y flector.

La carga máxima estimada del conjunto se corresponderá con el peso del depósito lleno, el agitador, los motores correspondientes y el peso propio del conjunto. El valor para esta carga es de 440 kg y se impone una carga de 600 kg, 30% mayor, en redundancia con la seguridad de los cálculos.

Tras realizar los cálculos pertinentes en el Anexo III se concluye que el motor necesitara una potencia de 0.25 kW y a la salida del motorreductor la velocidad sea de 46 rpm. El par de salida es de 33,5 Nm

El eje se deberá fabricar específicamente para el supuesto, encargando la labor a un fabricante de mecanizado. Será necesaria una reducción de su diámetro a la salida del motorreductor, si la unión con este se realiza a través de la chaveta del eje reductor. El diámetro del eje donde se alojaran los rodamientos y las ruedas es de 25 mm.

Para realizar la unión de la transmisión con el chasis según se ha comentado se instalaran rodamientos, desestimando la opción de instalar cojinetes de fricción debido a que el rodamiento está casi exento de mantenimiento y lubricación, soportan mayor carga y velocidad y poseen mejor rendimiento. Para fijar los

rodamientos al chasis bastara con instalar un tope (casquillo) en el alojamiento del chasis donde se instalen los rodamientos.

Realizados los cálculos de fuerza estática, se selecciona del catálogo SKF el rodamiento axial de bolas **51205** que soporta 26,5 kN de capacidad de carga dinámica, valor superior al calculado, y 50 kN de carga estática. No existe carga axial, no obstante se elige ese rodamiento porque será más práctica su adquisición a un fabricante determinado, para el montaje real, y no existía disponibilidad para ese diámetro de un rodamiento rígido de bolas.

Para seleccionar las ruedas el criterio principal de elección será el que dictamine la carga a soportar, además se debe considerar que el motorreductor pueda alojarse entre la altura libre que queda desde la plataforma del chasis hasta el suelo y por último el criterio económico.

Las ruedas motrices son ruedas de cámara de aire con tacos, adecuada para un uso intensivo sobre cualquier terreno. Con llanta monobloque de polipropileno insensible a los choques y vibraciones. El diámetro de la rueda es 400 mm y el de su eje motriz de 25 mm.

Las ruedas giratorias serán ruedas pivotantes resistentes a golpes y vibraciones mediante banda de rodadura de caucho. La carga máxima que pueden soportar es de 500 kg y tienen una altura total de 245 mm, así como un diámetro de la rueda de 200 mm.

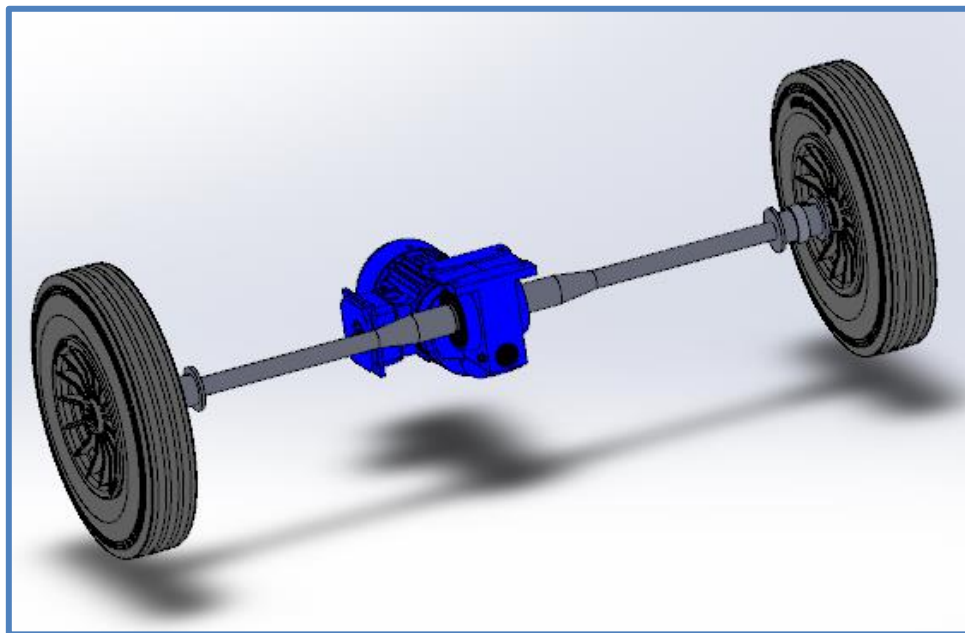


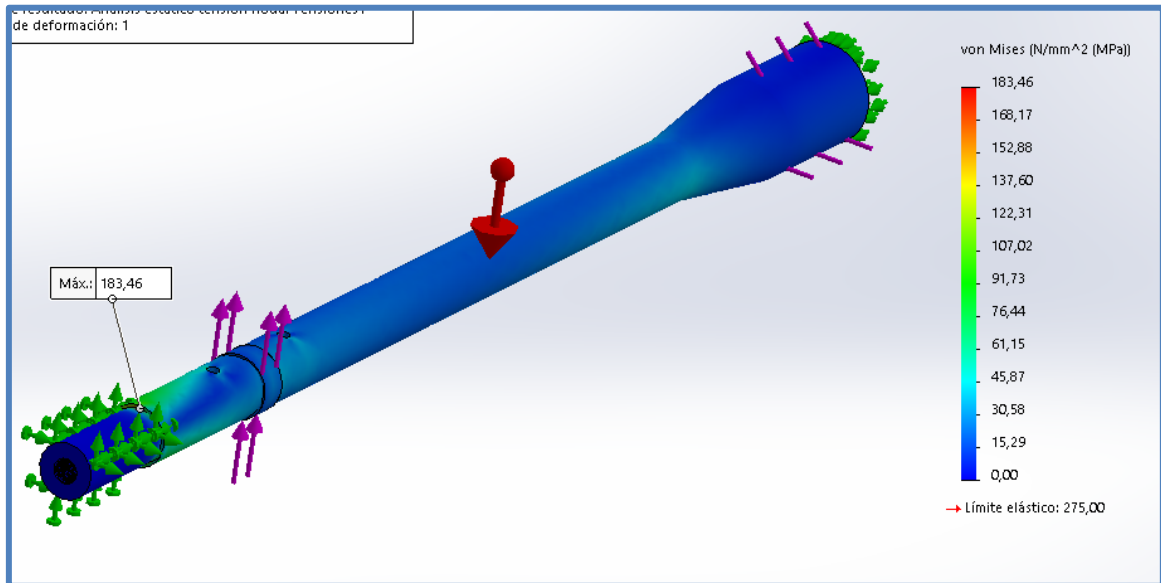
Figura 6.5: Detalle del motor y la transmisión para el desplazamiento



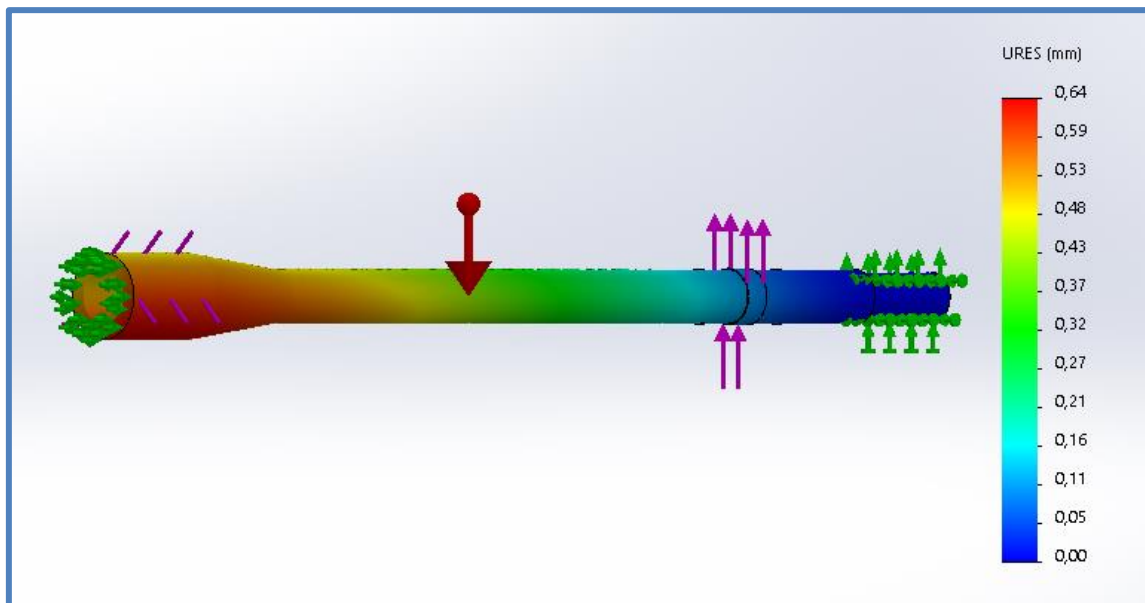
Se ha considerado estudiar el comportamiento del eje bajo criterio de solicitudes mecánicas. En concreto tensiones que aparecerán en este eje serán debidas al momento flector ejercido por el peso propio del chasis que apoyara en el eje a través del rodamiento y el momento torsor originado por el giro de la rueda. Las condiciones del cálculo son:

- ✓ Material, acero S275JR. Módulo elástico 275 MPa.
- ✓ Sujeción fija en los puntos de anclaje de las ruedas, como situación más desfavorable cuando la rueda este parada y deba iniciar el movimiento.
- ✓ Sujeción de rodillos deslizantes en el contacto del eje con el motorreductor, para impedir el desplazamiento.
- ✓ Carga total de 2000 Newton en la superficie de contacto del rodamiento, en combinación con la gravedad.
 - Esta fuerza es mayor a la real, tras haber realizado el reparto de cargas en el chasis, debido a que la mayor carga se encuentra en las ruedas pivotantes por estar más próximas al apoyo del depósito (chasis no simétrico). No obstante se toma como valor predeterminado para obtener mayor seguridad en la simulación.
- ✓ Momento torsor de 33,5 N m, ejercido por el motorreductor.
- ✓ Mallado volumétrico basado en curvatura. De 7,5 mm por elemento, seleccionado por la comprobación de resultados frente a diferentes mallas.

Tras la realización del estudio y la visualización de los resultados, según se aprecia en la figuras 6.6, aparece una tensión muy superior al resto. Sin embargo, este resultado se debe al mallado y diseño CAD, ya que aparece en un punto no real, forzado del diseño en el programa que es por naturaleza un gran concentrador de tensiones. No obstante, la carga esta mayorada y se corresponde a la situación de sujeción más desfavorable, por tanto, en el supuesto de que fuese verídico el resultado también entraría dentro de la tolerancia del eje.



Por lo que resta al estudio, los resultados están dentro de los rangos permisibles en el diseño en cuanto a desplazamientos y el factor de seguridad, salvo en el punto mencionado anteriormente, se encuentra superior a tres en su totalidad.



El informe generado por el programa donde se detallan con más exactitud los cálculos y condiciones de contorno se presenta en el Anexo IV.



Funcionalidad de la máquina.

En consonancia con el último ítem del diseño, queda por definir como podrá la máquina realizar su función y cuál será su chasis final.

Para realizar la unión del chasis y el tetadero se van a colocar barras transversales al eje del pasillo, que conectadas al chasis permitan empujar el tetadero para desplazarlo entre las sucesivas cuadras. Al igual que en los requerimientos del motor, no se considera analizar las reacciones que supondrá el desplazamiento del tetadero mediante la fuerza generada por el motor y transmitida al mismo por las barras debido al bajo coeficiente de rozamiento en el raíl y el despreciable peso del tetadero frente al conjunto.

Estos perfiles irán ubicados en el chasis entre tres pletinas que sobresaldrán del mismo y atravesado el conjunto por un pasador. Con este pasador la barra queda unida al chasis y tendrá permitido modificar su ángulo con respecto al plano del suelo del pasillo.

Para unirla al tetadero, se practicará un alojamiento en el extremo de la barra, en este alojamiento será posible encajar la barra vertical central del tetadero. Para facilitar el movimiento de balanceo que se desarrolla más adelante, en el alojamiento de la barra donde se ubicara el tetadero se dispondrá de una rueda de pequeño diámetro la cual favorecerá que cuando el tetadero balancee, la barra no oponga oposición.

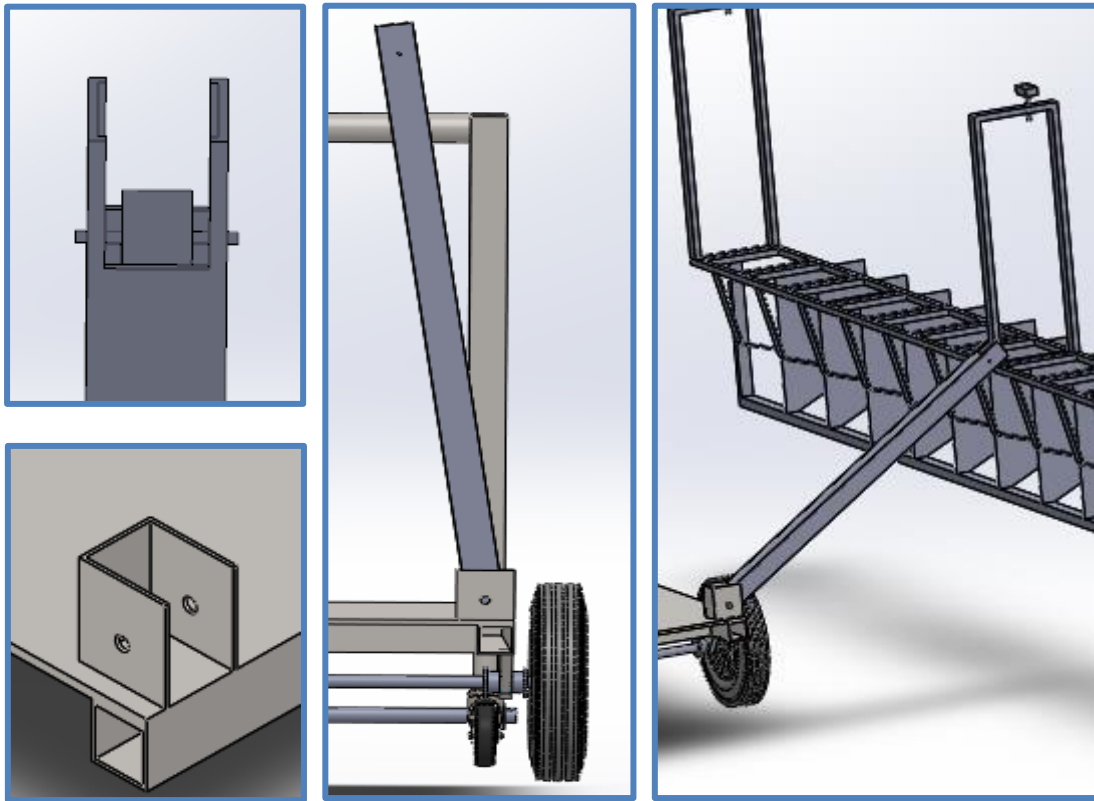
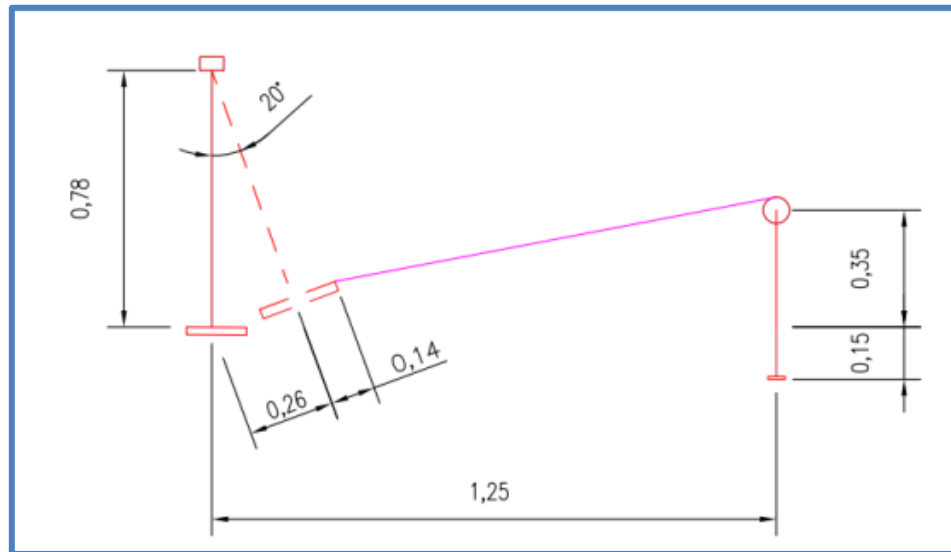


Figura 6.8: Representación de la barra de conexión chasis-tetadero.

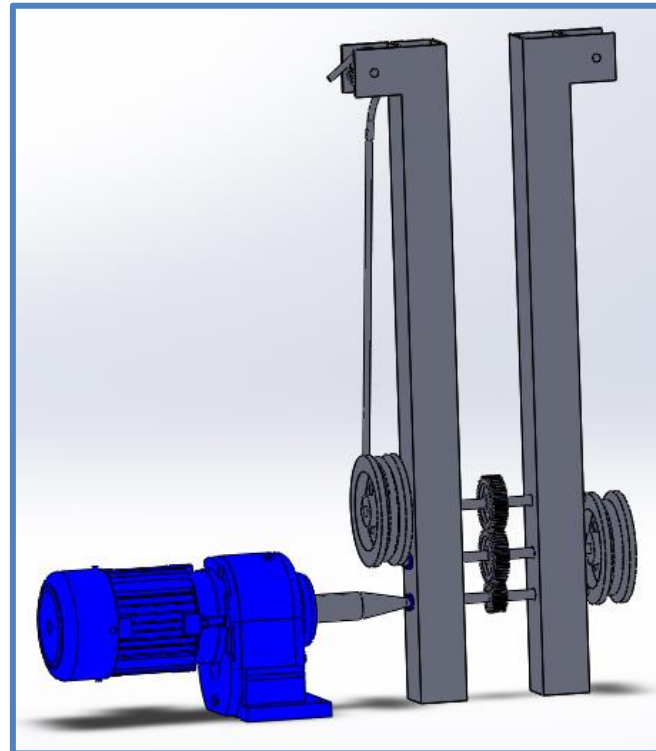
El movimiento de balanceo del tetadero se conseguirá mediante la acción de una sirga. Esta sirga estará conectada en un extremo al tetadero, unida en la misma ubicación que la barra, por debajo de la misma para facilitar el movimiento. En el otro extremo, en el chasis, estará unida a una polea en la que podrá enrollarse y posibilitando modificar su longitud total, para de esta manera balancear el tetadero un ángulo de 20° . Al igual que para las barras, no se van a considerar necesidades mecánicas referentes a pares torsores ni tensión del cable. Por tanto, el criterio de diseño para la elección del motor activador del mecanismo será la redundancia con el motor propulsor, teniendo un posible recambio para el motor que posibilita una función primordial del mecanismo, el movimiento autónomo.



Esquema 6.9: Representación del movimiento de balanceo con cotas en metros.

El motor posee dos sentidos de giro, horario (1) y antihorario (0), cuando se desee que el tetadero se posicione en las cuadras para que los terneros alcancen la tetina, hablaremos de desplegar (1'). De manera contraria, cuando se desee que el tetadero balancee hacia el interior del pasillo, hablaremos de recoger el tetadero (0'). Por tanto, será necesario realizar una inversión de giro en la polea que gobierna el tetadero del ala izquierda para que corresponda al movimiento deseado (1'). Es fundamental, en el momento del montaje del mecanismo, tener en cuenta este cometido y posicionar la sirga en la polea de manera correcta, puesto que de lo contrario, el control irá en sentido inverso.

Para que el mecanismo se mueva, debido a la gran relación de transmisión existente entre la velocidad angular deseada en la polea y la salida del motor se instalara un motorreductor, cuyo motor tenga una potencia 0.25 kW igual a la del motor propulsor. Por tanto, se permitirá disminuir la relación de transmisión entre ejes a 1,70. Las ruedas dentadas para conseguir la reducción serán ruedas dentadas de dientes rectos, ya que son las más económicas. La polea a la que va conectada la sirga, será similar a un disco de persiana metálica, cuyo diámetro es de 150 mm. Para realizar las uniones de los ejes a los soportes, bajo criterio económico, se utilizaran cojinetes de deslizamiento. La sirga utilizada será de 8mm de diámetro, La longitud mínima necesaria será la correspondiente al tetadero desplegado (1'), aproximadamente 2,5 metros para cada tetadero. La unión de la sirga con el tetadero se realizara mediante un mosquetón.

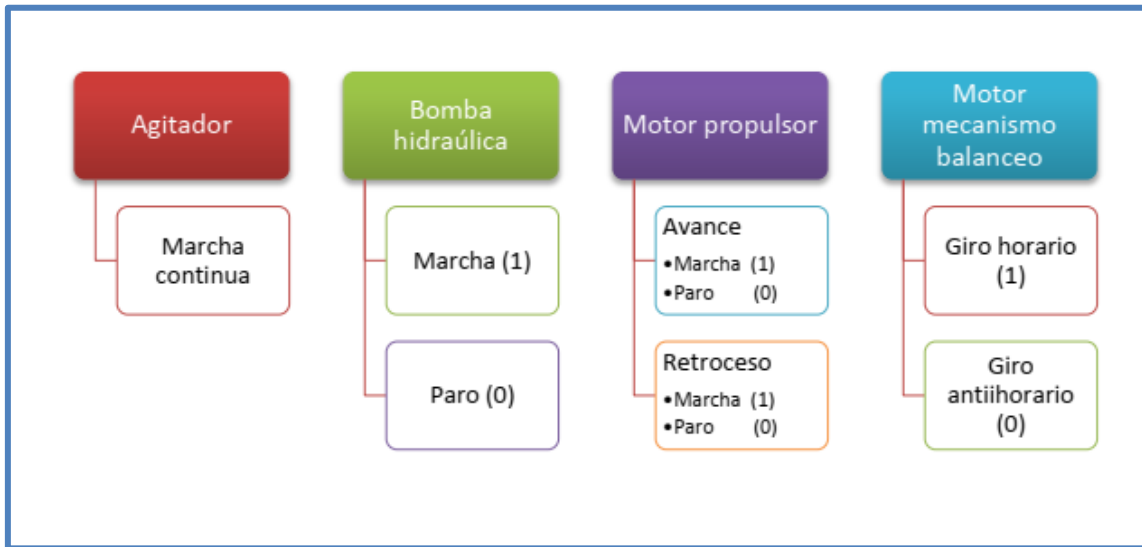


Esquema 6.10: Detalle del mecanismo de balanceo

La conexión eléctrica de los equipos se llevara mediante un cable de potencia que alimentara el cuadro de mando del equipo, similar al existente, donde será necesario añadir las protecciones y el control pertinente para los dos motores eléctricos nuevos. El cable, cuya longitud necesaria son 50 m, se enrollara en un carretere manual que será necesario recoger en el movimiento de retroceso del chasis.

Por último quedaría configurar el control del mecanismo, culminando por tanto la automatización del proceso de distribución de la leche. El tipo de lógica de control que se busca se corresponde a un control todo/nada en un intervalo definido de tiempo. La interfaz entre el control y el operario será un dispositivo a control remoto que actúe sobre un receptor conectado al cuadro de mando.

Los elementos a controlar serán todos aquellos que necesiten de conexión eléctrica, a excepción del agitador que se mantendrá conectado durante todo el proceso. Las acciones que deberán realizar, con sus respectivos estados, se presentan en el esquema 6.12.



Esquema 6.13: Elementos para someter a control telemático

De este modo, se buscara la simplicidad en el control de los elementos. Para ello se implementara un control todo (1) o nada (0) para cada acción, que se gobernara mediante un temporizador para que conmute la acción. El usuario pulsará en el control a distancia el botón deseado y se activara el comando (1) requerido, además del temporizador. Transcurridos los segundos para los que se programe el temporizador, este producirá el corte y conmutara la función de ese elemento a (0).

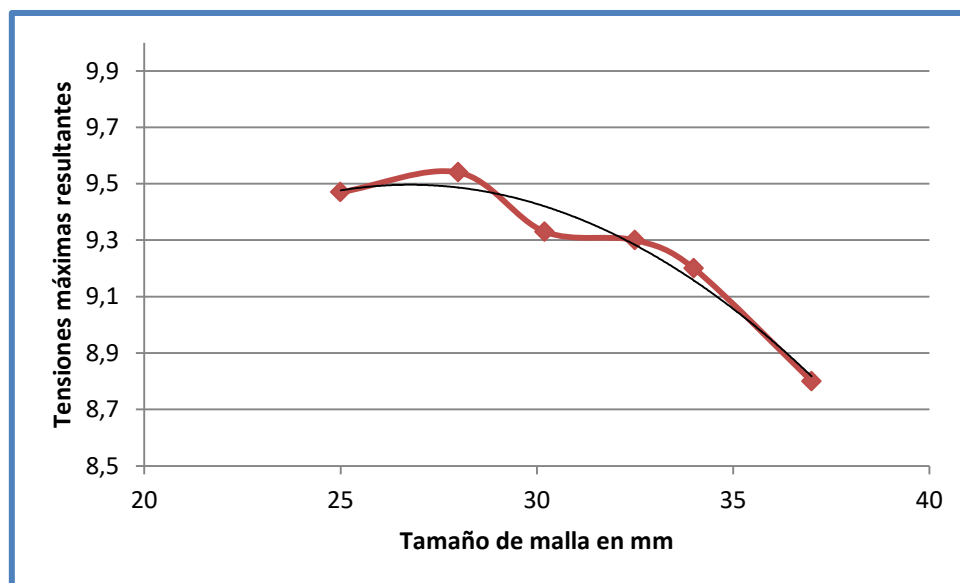
Respecto a los elementos a adquirir, no se contemplan, esto se debe a que no se va a realizar la ejecución de esta parte del proyecto. Por consiguiente se externalizará el control del mecanismo a un tercero, que adopte las medidas aquí comentadas y por supuesto, que las mejore si lo cree oportuno.

Por último quedaría mencionar la composición del chasis o estructura de la máquina. Sigue el patrón del existente, pero reforzado con perfiles cuadrados de 60,4 mm. Su configuración ha surgido en función de los requisitos que demandaba la mecanización, por tanto, atiende a una disposición de perfiles que permitan sustentar los elementos y dos perfiles verticales que permitan guiar la máquina por el operario cuando se precise sacarla o guardarla para desarrollar su función.

La plataforma del chasis se ha sometido a estudio estático, las condiciones del estudio son:

- ✓ Material, acero S275JR. Módulo elástico 275 MPa.
- ✓ Sujeción fija en los puntos de anclaje de las ruedas giratorias.
- ✓ Sujeción de rodillo deslizante en el contacto del rodamiento con el chasis.

- ✓ Carga de 4200 Newton correspondientes al peso del depósito lleno y el agitador.
- ✓ Carga de 100 N (motorreductor propulsor), 150 N (bomba hidráulica) y 170 N (motorreductor del balanceo).
- ✓ Carga de 1400 N aplicada en la superficie de la plataforma, con el objetivo de obtener un resultado seguro respecto a imprevistos adicionales, mayoración total del 30%.
- ✓ Se han ensamblado bloques de madera en el modelo para poder posicionar las cargas en el lugar correspondiente del mismo. Se ha optado porque el material sea madera debido a que su deformación no afecta para el estudio.
- ✓ Mallado: volumétrico de 30,20 mm por elemento.
 - Para concretar el mallado mas apropiado para el modelo ha sido necesario realizar un estudio de sensibilidad de malla, donde se han comprobado los resultados correspondientes a diferentes grosores de malla para una zona del modelo donde la malla es uniforme. Tras la observación de los resultados, Gráfica 6.14, se elige el tamaño de malla de 30,20 mm. Este grosor se corresponde a la recta del mallado donde las tensiones se sitúan en un rango estable. El valor máximo que se aparece en la gráfica, para 28 mm, se corresponde a una configuración concreta de la malla que debido a su grosor favorece la aparición de un estado tensional ficticio, por lo que este punto no se considera para la elección del grosor de malla.



Gráfica 6.15: Resultado del estudio de sensibilidad de la malla.

Los resultados del estudio son:

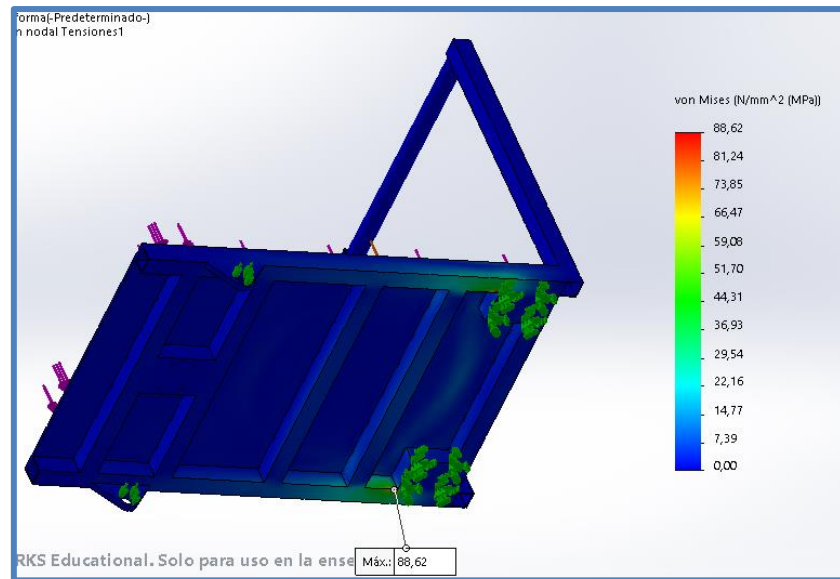


Figura 6.16: Representación tensional de la plataforma

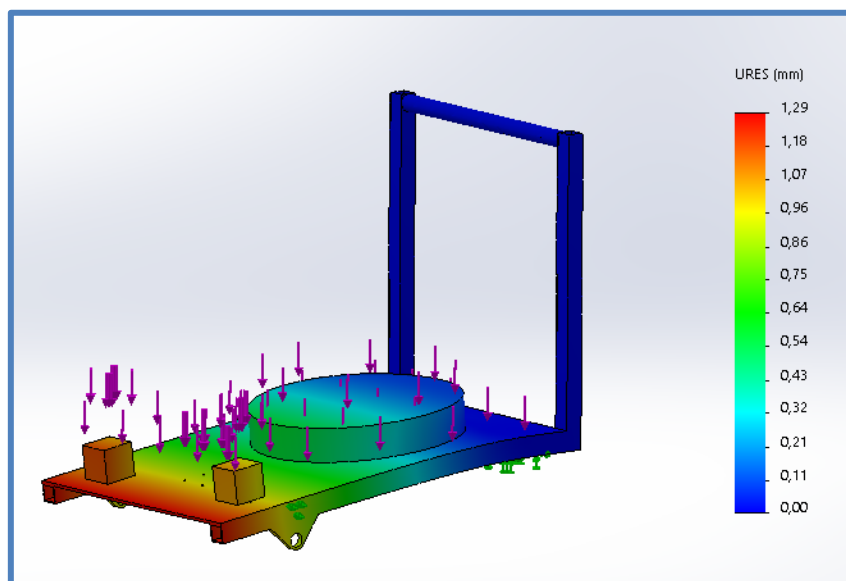


Figura 6.17: Representación de los desplazamientos en la plataforma.

A la vista de los resultados, se observa que las tensiones máximas resultantes así como los desplazamientos no son problemáticos. Además el coeficiente de seguridad obtenido es superior a 3 en todo el conjunto. Por tanto, la plataforma cumple con los requisitos a los que lo somete el diseño.

Por último, se presenta el conjunto ensamblado, cuya configuración queda dispuesta según se muestra en la figura 6.18.

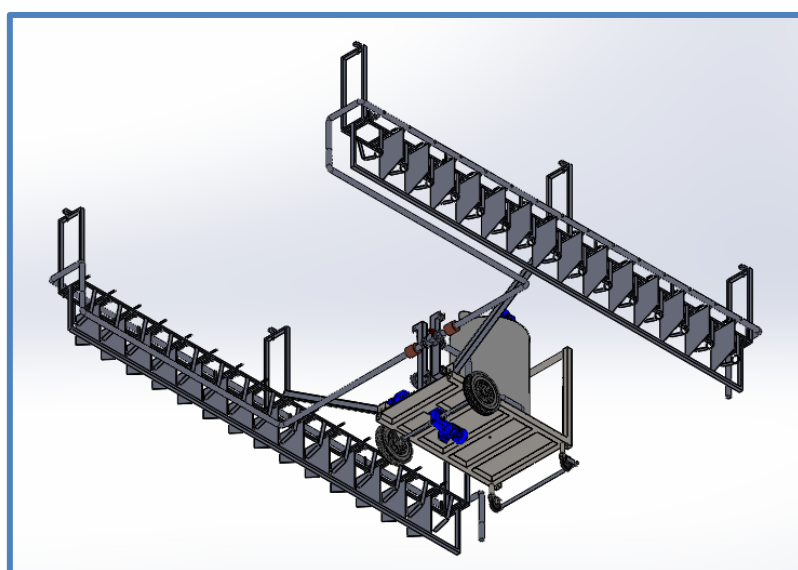
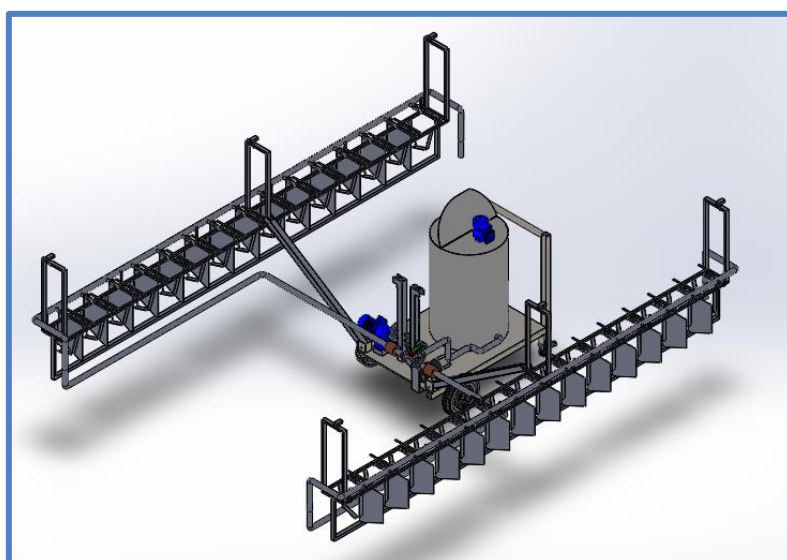
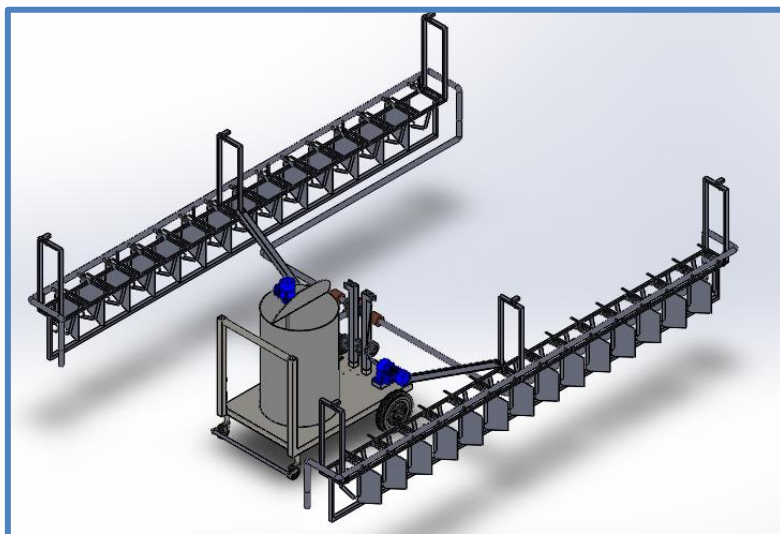


Figura 6.18: Conjunto final para la mecanización de la distribución de la leche

6.2 Máquina distribuidora de pienso.

Los objetivos para este punto consistían en eliminar el esfuerzo físico que supone la tarea de distribuir el pienso por los heniles mediante la posibilidad de utilizar maquinaria ya existente en la explotación. Concretamente se dispone para el objetivo de una abonadora suspendida, de tolva con planta octagonal y doble disco, la cual se enganchaba al tractor mediante el enganche tripuntal trasero.

Los motivos que han favorecido a la aparición de la idea son en primer lugar, la experiencia del ganadero en el mundo de la maquinaria y la mecánica agrícola. Del mismo modo favorece la configuración de la propia máquina, la cual ya posee un depósito para albergar pienso que será la tolva y su estructura portante para ser suspendida, que posibilitara tras una serie de remodelaciones, configurarla con un nuevo enganche que facilite su manejo.

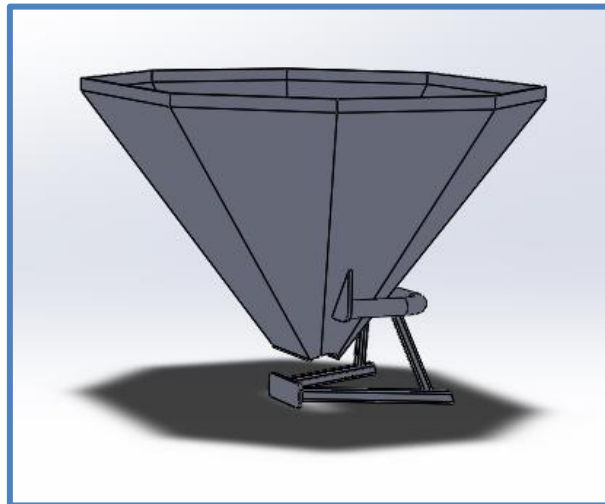


Figura 6.19: Cuerpo de la abonadora sin remodelaciones.

La capacidad de la tolva es de 1400 litros y la harina tiene una densidad media de 750 gramos/litro. En consecuencia, la capacidad de la tolva será de 1125 kilogramos, ligeramente superior a los kilogramos resultantes por el cálculo ya que siempre se puede añadir más pienso por encima del enrase de la tolva. El material con el que está construida la tolva es el acero S275JR.

El primer objetivo es que la máquina pueda distribuir el pienso por lo heniles, para ello se deben retirar los discos esparcidores de abono e instalar un tornillo sin fin que permita trasladar el pienso desde la tolva a los heniles. Se ha utilizado el excedente del tornillo sin fin para pienso del parque de recría que sobro en su

instalación y se encuentra en desuso, se considera que su función será óptima puesto que su cometido no cambia. La longitud de tornillo necesario se situara entre 1,5 metros y 2 metros para que el tractor pueda circular por el pasillo central de la explotación.

Además del sinfín, se debe instalar un motor hidráulico que accione su eje y que tome la fuerza del aceite hidráulico del tractor. La presión de diseño será la concedida por el tractor, en este caso 190 bares. También para facilitar el desempeño y manejabilidad de la máquina se fabricara un codo que dirija el pienso a los pesebres, en dirección de la gravedad.

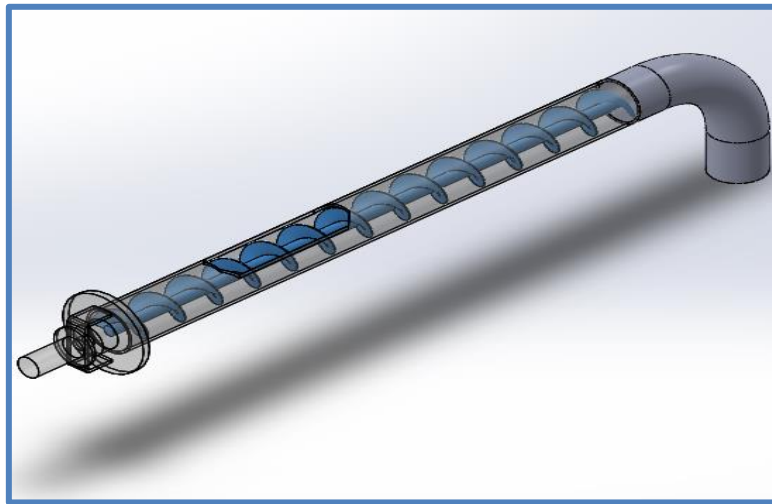


Figura 6.20: De izq a dch, motor, camisa y tronillo sin fin y codo direccional de pienso.

Otro objetivo fundamental para la mejora del proceso es la posibilidad de implementar un enganche que permita a la pala del tractor transportar la máquina. Para ello es necesario diseñar una estructura en el chasis de la abonadora y que permita acoplarse a la pala Jhon Deere 1801-4 / XD, la cual es anterior a la norma Euro para acoples de palas.

Este cometido que bien podría catalogarse como artesano, será encargado a un profesional de la forja y la acería, y para tener éxito en el diseño se necesitara una barra cilíndrica superior donde el acople de la pala fije la estructura y un perfil rectangular inferior de mayor dimensión que sustente la carga en voladizo de la pala. También se hacen necesarios dos perfiles verticales de menor espesor que sirvan de refuerzo para la tolva.

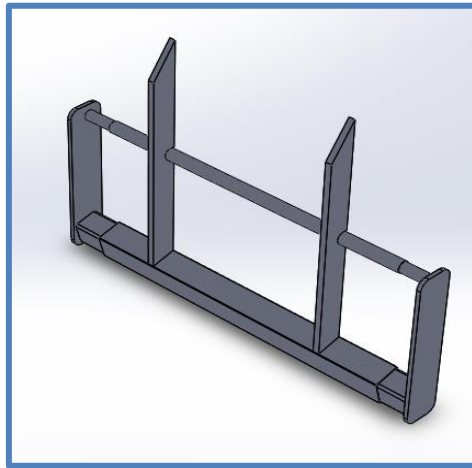


Figura 6.21: Estructura para el enganche a la pala.

Para fijar la estructura al chasis previo de la abonadora, serán necesarios dos perfiles colocados en los laterales de la estructura y dos nervios debajo del sinfín que transmitan esfuerzos a la parte baja del chasis, ya que este no ocupa todo el hueco desalojado por los discos.

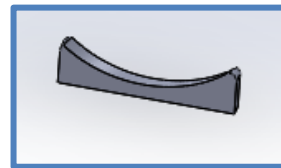
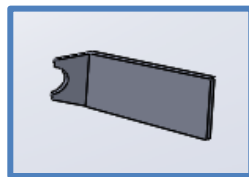
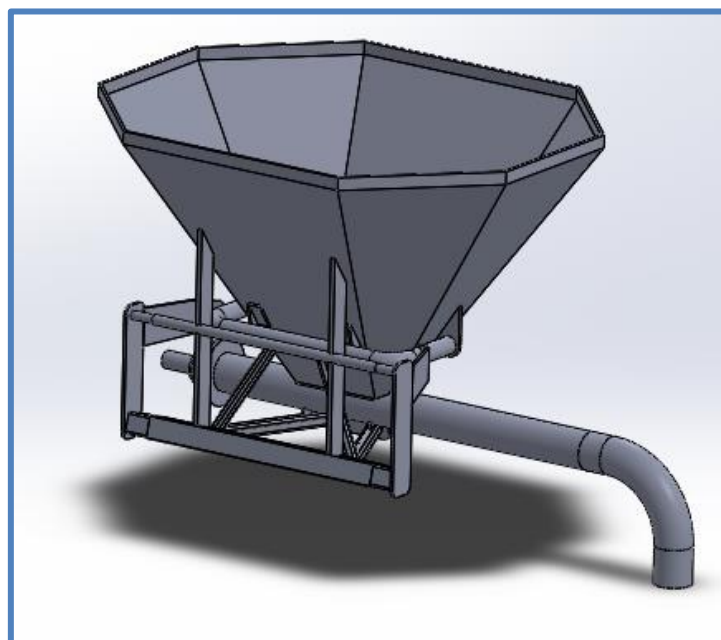


Figura 6.22: Perfil lateral y nervio inferior de la estructura.

Ensamblado el conjunto, la configuración final de la máquina es la siguiente



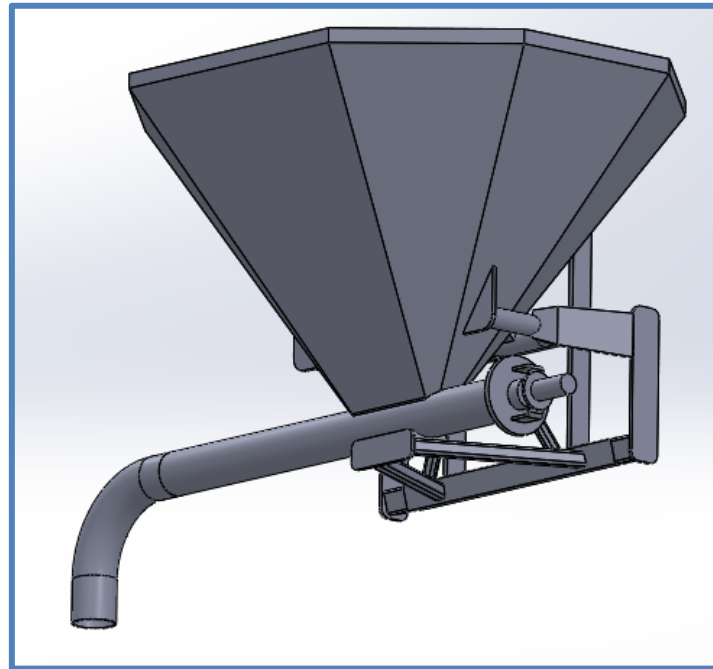


Figura 6.23: Máquina ensamblada.

Se ha procedido al estudio del cálculo estático de la máquina mediante el modelado en el programa SolidWorks, las condiciones del cálculo son:

- ✓ Material, acero S275JR. Módulo elástico 275 MPa.
- ✓ Sujeción fija en los puntos de anclaje de la pala.
- ✓ Carga total de 11250 Newton en la superficie de la tolva, en combinación con la gravedad.
- ✓ Mallado volumétrico.

Tras la realización del estudio y la visualización de los resultados, según se aprecia en las figuras 6.22 y 6.23, como datos más relevantes no se aprecian tensiones superiores al límite elástico y el coeficiente de seguridad es superior a 2. El informe generado por el programa donde se detallan con más exactitud los cálculos y condiciones de contorno se presenta en el Anexo IV.

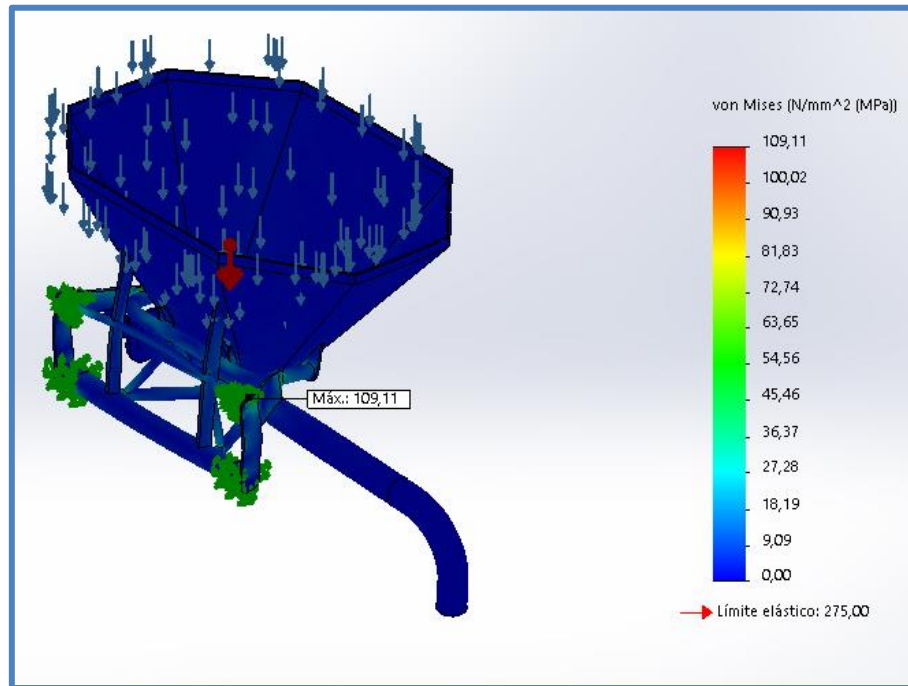


Figura 6.24: Resultado de cálculo de tensiones según el criterio de Von Mises .

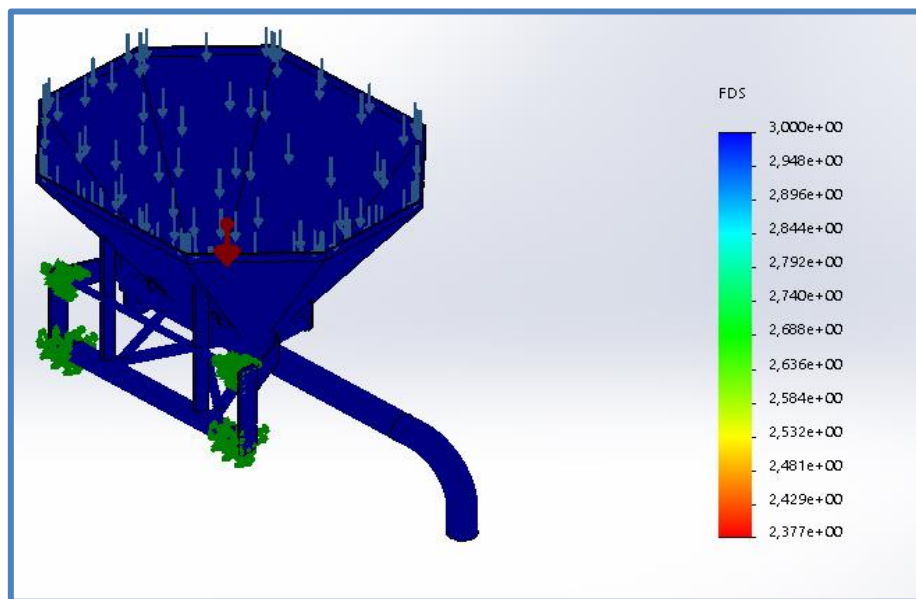


Figura 6.253: Coeficiente de seguridad resultante.

En conclusión, se puede afirmar que el prototipo cumple estructuralmente con los requerimientos deseados.

6.3 Máquina distribuidora de paja.

Según lo mencionado en el punto 5 anterior, este proceso ya cuenta con un cierto grado de mecanización al utilizar el tractor para el transporte de la paja hasta el pasillo de la granja. Debido a lo cual el único proceso pendiente de mecanización, para esta tarea, es la distribución de la paja en los heniles.

También ha sido comentada la decisión de buscar en el mercado maquinaria que permita realizar este proceso, debido a la dificultad para desarrollar una máquina como en el proceso de pienso. Donde sería necesaria una elevada potencia que permitiese descompactar la paja de la paca y una velocidad baja, en la salida de la paja de la máquina, para favorecer que la paja se deposite correctamente en el henil.

Tras la visita a la FIGAN 2019, en el stand del fabricante de maquinaria agrícola Arcusin, entre su amplia gama de productos relacionada directamente con el tratamiento de pacas de forrajes y similares, destacaba para el cometido designado la máquina HUSTLER CHAINLESS X2000.



Imagen 6.26: Máquina esparcidora de paja Hustler Chainless x2000. Fuente: (Hustler Chainless)

Mediante la máquina se podrán cumplir los dos objetivos buscados, transportar la paca hasta el pasillo central de la explotación y distribuirla en los heniles actuando sobre la cantidad y el lugar concreto de distribución. Las características principales vienen determinadas en la tabla adjunta

Dimensiones, pesos y cargas	
	CHX 2000
Anchura	2.648 mm
Longitud	1.935 mm
Altura	1.271 mm
Peso	640 kg
Capacidad carga	1.000 kg (1 Paca)
Potencia necesaria tractor	80 CV

Tabla 6.27: Características de la máquina Fuente: (Hustler Chainless)

La máquina va acoplada al tractor por la parte trasera mediante un enganche tripuntal, el cual incorpora dos púas que se introducen por debajo de la plataforma de la máquina. Con esta configuración, se permite que el ganadero pueda cargar la paca en la máquina sin tener que depositarla con la pala y enganchar la máquina posteriormente.



Figura 6.28: Representación esquemática de la carga de la paca. Fuente: (Hustler Chainless)

Sin embargo, si las pacas están apiladas en una fajina, será necesario utilizar la pala del tractor en primer lugar para bajarla a nivel de suelo y poderla coger con las citadas púas. En el mismo enganche se encuentra el motor hidráulico, de funcionamiento y conexión similar a la máquina de pienso, que accionara un rotor desmenuzador encargado de desmenuzar la paca. Mediante la plataforma de polietileno se ira deslizando la paca para que se pueda aprovechar en su totalidad.

Este diseño ha sido seleccionado para cumplir con los requisitos de mecanización del suministro de la paja por ser un modelo fiable y testado. Del mismo modo, no se encuentra otra maquinaria acorde al rango de trabajo concreto en la explotación a estudio. Es decir, máquinas con la misma finalidad que esta serían los carros de alimentación Unifeed. Estos equipos ya son de dimensiones más considerables, diseñados para explotaciones de vacuno mayor y para otro cometido no tan específico como la simple distribución de paja en heniles de terneros de cría.

A continuación se exponen con más detalle imágenes de la máquina tomadas en la feria.



Imagen 6.29: Detalle del enganche tripuntal de la máquina Hustler.



Imagen 6.30: Rotor desmenuzador de la paja.



Imagen 6.31: Plataforma inclinadora de la paca.



7. Estudio técnico-económico.

Hasta el momento se ha realizado una descripción de la explotación, así como de los procesos que en ella se desarrollan, determinando el trabajo y tiempo que conllevan. Se han expuesto también los requerimientos para mejorar la eficiencia de los procesos y descrito como realizar las mejoras, concretándose la mecanización necesaria. Como último paso para finalizar el trabajo, se va a realizar un escueto estudio tanto técnico como económico.

El estudio se abordara de manera individualizada para los tres procesos, ya que cada uno se debe tratar con diferentes condiciones. De manera general, se estudiará el coste de la inversión y su retorno (ROI^3). Este estudio será simple, sin tener en cuenta VAN^4 ni TIR^5 , así como otros conceptos de índole económica como el tipo de interés financiero, debido a que no será un determinante principal para decidir si la inversión es viable o no y su coste de inversión no supone un desembolso económico extraordinario. De este modo, la toma de decisiones vendrá condicionada principalmente por la mejora de la eficiencia supeditada al proceso.

Para poder valorar económicamente el trabajo se estipula el coste que supondría una hora de trabajo de un operario normal. Este valor, proporcionado por el ganadero, asciende a 12 euros la hora y se correspondería a la cuantía económica de una hora, para la nómina de un operario contratado. Cuando se produzca el relevo generacional de los gerentes de la explotación a un único ganadero, por la exigencia de la tarea actual de suministro de la leche, un único trabajador no puede realizar la tarea en solitario. Del mismo modo, como si de operarios se tratase, este valor se utilizara para cuantificar económicamente las horas de trabajo actuales.

Se han elaborado tablas con el programa Microsoft Excel mediante las cuales se presentan de manera detallada los despieces y precios individualizados de los componentes, para la mecanización de cada proceso. Estas tablas se plasman en el Anexo V, en tres subapartados individuales para cada proceso.

³ *Retorno de inversión o payback*: número de años necesarios para recuperar el esfuerzo inversor. Fuente: (Castillo, 2018/2019)

⁴ *Valor Actual Netro*: sumatorio de todos los flujos de caja ordinarios actualizados esperados. Fuente (Castillo, 2018/2019)

⁵ *Tasa Interna de Rentabilidad*: indicador de rentabilidad relativa, es el tipo de interés que hace el VAN igual a 0. Fuente: (Castillo, 2018/2019)



7.1 Mecanización de la lactancia

A modo de recordatorio actualmente este proceso se realiza por dos operarios, en un tiempo medio de 60 min en función de la habituación que tengan los animales a realizar el proceso, que viene determinado por el tiempo que llevan en la explotación así como de sus condiciones particulares.

Con la mecanización del proceso será posible realizarlo mediante un único operario, ya que no se necesitara de un operario encargado del chasis y de la bomba hidráulica y otro para colocar los animales en sus respectivos emplazamientos y balancear el tetadero. Se estima que el tiempo necesario para realizar el proceso sea de **15 minutos**. De esta manera existe una diferencia con el proceso sin mecanizar de 15 min, no obstante, este valor se correspondería a un operario solo, por lo tanto, como se pasa de un operario a dos, el ahorro de tiempo es de 15 min correspondiente a un operario y los 60 min que supondría para el segundo operario. Cuantificado en horas el ahorro de tiempo global es de 1,15 horas.

Económicamente la inversión asciende a 1.788 €, los cuales se pueden recuperar tras 130 usos de la máquina sin incidencias o lo que es lo mismo, en 0,31 años supuestos 420 usos/año de uso de la máquina. Este dato viene determinado a que el ternero esta 90 días en la explotación, de los cuales 45 realiza dos tomas de leche diarias y 15 una única toma.

Se podría pensar que no se contabiliza los tiempos improductivos, que se corresponderían al periodo de vacío sanitario y el tiempo entre que se va el ganado y vuelven a traer ganado nuevo. Sin embargo, cuando el ternero no ingiere lactorreemplazantes en su fase de recría, desde la cría hasta el cebo, no está en la edificación sino en el parque de recría. Por tanto, la edificación de cría queda vacía para realizar el vaciado sanitario y recibir nuevos animales. Por esta razón el número de usos de la máquina sería incluso ligeramente superior al utilizado para calcular el retorno de la inversión, puesto que se ha calculado como si la máquina se usará durante tres crianzas al año y se utiliza para cuatro.

COSTE TOTAL INVERSIÓN				1.788,00 €
€/H operario	12	Ahorro tiempo total por proceso	1,15	horas
Ahorro económico por proceso				13,80 €
Retorno inversión simple			130	usos
			0,31	años

Tabla 7.1: Resumen económico para la mecanización de la leche.



Técnicamente ya se ha citado que el trabajo pasaría a realizarse con la mitad de la mano de obra. Asimismo, la nueva carga de trabajo que el operario puede desarrollar es de 43 UTH, pasando de 16 UTH individuales para el proceso sin mecanización (32 UTH por los dos operarios). Este hecho hace incrementar la capacidad del operario en 27 UTH, más de lo que era capaz de desarrollar inicialmente.

7.2 Mecanización del suministro de pienso

La tarea de distribución del pienso es una de las tareas que mayor esfuerzo físico requiere para el ganadero. Se trata de una tarea tediosa que conlleva 30 minutos de media, tras la realización de varias mediciones. Sin embargo, este proceso no debe ser estudiado igualmente al anterior, esta razón se debe a la variabilidad del mismo. No es posible realizar un estudio técnico ni económico basado en el coste temporal del proceso ya que cada vez que se realiza conlleva un tiempo diferente, y no se realiza en intervalos de tiempo definidos.

Los terneros aumentan su consumo de pienso de manera exponencial en su etapa de cría, conforme crecen en la explotación. También el consumo se ve fuertemente influenciado por la raza de los terneros, que determina la precocidad para el consumo y los kilogramos netos que consumen durante su estancia.

Debido a estas razones, no es posible obtener de manera rigurosa y válida un retorno de inversión o un aumento de la capacidad de trabajo para los criterios propuestos. Sin embargo, lo que sí se hace posible es cuantificar la inversión y describir las mejoras en el proceso que se realizan.

COSTE TOTAL INVERSIÓN				509,00 €
€/H operario	12	Ahorro tiempo unitario por proceso	0,33	horas
Ahorro económico por proceso				3,96 €

Tabla 7.2: Resumen económico para la mecanización del suministro de pienso.

El coste de la inversión será de 509 € y el tiempo que conllevaría realizar el proceso mediante la máquina será de 10 min, suponiendo 20 minutos menos para los casos más desfavorables. Obtenido mediante las medias elaboradas por las mediciones, cada vez que el ganadero realice el proceso estará ahorrando 3,96 € que debería abonar a un operario, valor que descendería si se contabilizase el coste asociado al tractor y al combustible.



Aunque el factor principal que condiciona la mejora mediante la mecanización es que se logra sustituir el esfuerzo físico humano que supone el proceso. Cuantificándolo en términos de eficiencia y confort para el operario, principalmente en los momentos que sea necesario rellenar todos los pesebres por la llegada de animales nuevos o cambio de pienso, la inversión quedaría totalmente justificada.

7.3 Mecanización del suministro de paja

Para referirnos a este proceso se deben considerar las mismas condiciones que en el apartado anterior, tarea que no tiene una linealidad en el tiempo y dependiente de las características de los animales presentes en la explotación.

El proceso demanda un tiempo medio de 15 minutos para su correcta realización, no obstante, para el operario no supone el mismo nivel de esfuerzo que el proceso de distribución del pienso, ya que no es necesario recorrer excesiva distancia hasta la paja porque se utiliza el tractor para acercar la paca hasta los heniles. Siendo este proceso el que menor tiempo y esfuerzo requiere en la explotación.

Cuantificando la inversión se obtiene que es necesario desembolsar 8.000 € para adquirir la máquina, precio dado por el vendedor comercial en la FIGAN 2019. Si se adquiere la máquina, se estima que el proceso podrá realizarse en 10 min aproximadamente, disminuyendo en 5 min el proceso supondría 1 € de ahorro respecto al salario del operario que se vería reducido prácticamente a 0 por el coste del tractor.

COSTE TOTAL INVERSIÓN				8.000,00 €
€/H operario	12	Ahorro tiempo unitario por proceso	0,08	horas
Ahorro económico por proceso				0,96 €

Tabla 7.3: Resumen económico para la mecanización del suministro de paja.

Por tanto, la máquina únicamente sería amortizable contabilizando la mejora de la eficiencia y el confort que concederá a la tarea.



8. Conclusiones.

Desarrollado el proyecto, y a la vista de los resultados obtenidos, se puede llegar a una conclusión sólida. Antes de ello, se debe volver a poner de manifiesto que todo el trabajo realizado tiene como objeto una explotación en concreto, con unas determinadas características, dimensiones, capacidades y demás condiciones que conforman la explotación.

Por esta razón no sería correcto tener la visión de las mejoras mediante mecanización aquí desarrolladas como algo genérico para las explotaciones de terneros de cría. Ya que en explotaciones con diferentes configuraciones para el suministro de alimentos, o ubicaciones de los puntos de abastecimiento, no tendrían utilidad las mejoras aquí detalladas.

Sin embargo, también debe ser comentado que la explotación a estudio sirve como modelo de nuevas explotaciones de terneros de cría de la zona, por lo que bien podría ser alguna de estas mejoras un factor decisivo en el diseño de futuras explotaciones.

Concluyendo para cada proceso se puede decir lo siguiente:

- ✚ Para mejorar la eficiencia en el proceso de lactancia se ha automatizado el proceso mediante el desarrollo del carro mecanizado. Con ello se ha conseguido reducir la carga de trabajo, pudiendo reducir los operarios necesarios para este proceso y disminuir el tiempo necesario para realizarlo.
- ✚ La mejora de la eficiencia en el proceso de distribución de pienso se consigue a través de la mecanización de la abonadora en desuso. Poniéndose de manifiesto el salto cualitativo que experimenta, al sustituir el esfuerzo físico necesario para realizar el proceso.
- ✚ Mediante la adquisición de la máquina para distribuir paja, la mejora de la eficiencia se corrobora con base en la no necesidad de bajar del tractor para realizar la tarea. No obstante, no se puede considerar como una mejora para la explotación por razones de rentabilidad, debido al excesivo precio de adquisición de la máquina.

La toma de decisiones en cuanto a las inversiones, será decidida por el ganadero. Se consideran valorables las dos primeras opciones, sin aconsejar la tercera mejora debido a su precio.

Para finalizar el trabajo fin de grado, como resultado final del mismo me gustaría mostrar los resultados obtenidos para el proceso de distribución del pienso, presentado en las imágenes adjuntas.



Imagen 8.1: Vista frontal de la máquina distribuidora de pienso.



Imagen 8.2: Vista posterior de la máquina distribuidora de pienso.



Imagen 8.3: Detalles del tornillo sin fin (izq) y motor hidráulico (dch).



Imagen 8.4: Detalle del enganche (izq) y vistas lateral de la máquina distribuidora de pienso (dch).



9. Bibliografía

- A. Miravete, E. L. (1998). *Los transportes en la ingeniería industrial*. Zaragoza: INO Reproducciones, S.A.
- Abad Blasco, J., Canalís Martínez, P., & Malón Litago, H. (Curso 2014/2015). Criterios de diseño de máquinas. En D. d. Zaragoza. Zaragoza.
- Callejo Ramos, A. (2018). Manejo y alojamiento de terneros. *Frisona Española nº 200*, pág. 110-124.
- Castillo, L. P. (2018/2019). *Apuntes Economía Agraria*. Universidad de Zaragoza: Escuela Politécnica Superior de Huesca.
- DRIVESYSTEMS, NORD. (s.f.). *NORD MOTOREDUCTORES S.A.* Recuperado el 8 de Octubre de 2019, de https://www.nord.com/cms/es/mynord/product_selection/product_configurator/cp_product_configurator.jsp#/configurator/1972f81f-e58e-46f3-b59e-b4bcd37384b6
- Farma Higiene, Asesoramiento integral veterinario*. (s.f.). Recuperado el 18 de Junio de 2019, de <https://farmahigiene.es/producto/cevazuril/>
- Fuentes Yagüe, J. L. (1972). La lactancia de los terneros. *Publicaciones de extensión agraria, núm 19-72 H*, 16.
- Hustler Chainless. (s.f.). *Arcusin productos*. Recuperado el 19 de Octubre de 2019, de <https://www.arcusin.com/productos/28316-2/>
- IBELVERD2. (8 de Enero de 2018). *Weather Underground*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de Forecast for Belver de Cinca: https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IBELVERD2?cm_ven=local_wx_pwsdash
- Marín, J. M., Monné, C., & Uche, J. (2007). *Transferencia de calor*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Martín Ramos, P. (2017-2018). Diseño y dimensionamiento de alojamientos para rumiantes: vacuno de leche. *Instalaciones en explotaciones agropecuarias*. EPSH, Huesca.



Ministerio de Agricultura, P. y. (2º Edición, 2007). *Guías de prácticas correctas de higiene vacuno de cebo*. Madrid: Secretaría General Técnica, Centro de publicaciones.

Portilla, C. A. (2015). Calculo de la potencia del motor. *Fuerzas de resistencia a la marcha*, 39.

Real Academia Española. (s.f.). *RAE*. Recuperado el 23 de Octubre de 2019, de <https://dle.rae.es/?id=HVMRYEh|HVMUYB2>

Salse Bernadó, X., & Salse Bernadó, P. (2018). Manejo en una granja de producción de terneros mamonos y cebo de terneros. *rumiNews*, Septiembre, 28-37.